Markus Schneider

Logistikplanung in der Automobilindustrie

Konzeption eines Instruments zur Unterstützung der taktischen Logistikplanung vor „Start-of-Production“ im Rahmen der Digitalen Fabrik

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Markus Schneider

Logistikplanung in der Automobilindustrie

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Markus Schneider

Logistikplanung in der Automobilindustrie

Konzeption eines Instruments zur Unterstützung der taktischen Logistikplanung vor „Start-of-Production“ im Rahmen der Digitalen Fabrik

Mit Geleitworten von Prof. Dr. Andreas Otto und Franz Hainzinger

GABLER EDITION WISSENSCHAFT

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dissertation Universität Regensburg, 2008

1. Auflage 2008

Alle Rechte vorbehalten
© Gabler | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2008

Lektorat: Frauke Schindler / Britta Göhrisch-Radmacher

Gabler ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media.
www.gabler.de

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: Regine Zimmer, Dipl.-Designerin, Frankfurt/Main
Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier
Printed in Germany

ISBN 978-3-8349-1213-8

Geleitwort

Spätestens seit der Arbeit von Opitz aus dem Jahr 1970 unterscheidet die Betriebswirtschaftslehre mit einem bekannt gewordenen Sprachspiel zwischen „Kostenfestlegung“ und „Kostenverursachung“. Auf den ersten Blick in die gleiche Richtung weisend, lenkt das Begriffspaar die Aufmerksamkeit auf die fundamentale Bedeutung der Kostenfestlegung für das später erreichbare und im Rahmen täglicher Instanziierung von Geschäftsprozessen verursachte Kostenniveau.

Um es kurz zu fassen: Das erreichbare Kostenniveau wird vor, oftmals weit vor der Markteinführung festgelegt. Während des Marktzyklus geht es „nur“ noch um Kostenverursachung. Während dieser Zusammenhang in der Produktentwicklung sorgsam beachtet wird, tut sich die „Logistikentwicklung“ damit noch deutlich schwerer.

Die vorliegende Arbeit von Schneider greift das Themenfeld am Beispiel der Beschaffungslogistik in der Automobilindustrie auf. Schneider entwickelt ein Instrumentarium, um bereits einige Jahre vor der Markteinführung eines neuen Fahrzeugs, also vor dem „Start of Production - SOP“, die nach SOP täglich erforderlich werdenden Logistikprozesse planen und verbessern sowie damit die Logistikkosten eines Fahrzeugs abschätzen zu können.

Ich halte diese Arbeit für wichtig: Das Abschätzen der Logistikkosten ermöglicht es der Logistik, in einen emanzipierten Dialog mit Design und Fertigungstechnik zu treten, um weit vor SOP das Produkt so zu gestalten, dass alle Belange, Kundennutzen, Produzierbarkeit aber auch Verfügbarkeit in die Abwägeentscheidungen einfließen können.

Das von Schneider vorgelegte Instrumentarium ist mittlerweile gestestet und bewährt sich in Form von Software in den täglichen Planungsprozessen der Automobilindustrie. Neben der akademischen Leistung ist dies sicher ein schöner Erfolg. Ich empfehle die Lektüre dieser Arbeit und wünsche eine gute Rezeption.

Prof. Dr. Andreas Otto

Geleitwort

Audi als Premiumhersteller ist in besonderem Maße gezwungen in immer kürzeren Zyklen neue Fahrzeugmodelle auf den Markt zu bringen und ist gleichzeitig mit einer steigenden Produktkomplexität durch höhere Kundenanforderungen konfrontiert. Steigender Wettbewerb zwischen den Produktionsstandorten führt dazu, dass auch die Logistik ihren Beitrag zu Kosteneinsparungen durch effizientere, von Anfang an optimierte Abläufe leisten muss. Somit steigen die Anforderungen an die Logistikplaner. Dies macht neue Planungsverfahren und -werkzeuge zur Unterstützung der logistischen Planungsaufgaben erforderlich. Das Projekt „ViLog“ (Virtuelle Logistik) ist ein Bestandteil der Digitalen Fabrik und beinhaltet neben der Entwicklung neuartiger Planungs- und Bewertungsmethoden auch die Integration innovativer Werkzeuge wie der 3D-Layoutplanung in die Planungsprozesse der Logistik.

Die vorliegende Arbeit ist ein exzellentes Beispiel für die Potenziale einer engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis. Das Planungswerkzeug wurde von Herrn Dr. Schneider als Projektleiter neben seiner berufsbegleitend erstellten Dissertation bei der AUDI AG in Kooperation mit Siemens PLM umgesetzt. Die vorliegende Arbeit hat die Konzepte und Entwicklungen des von Siemens PLM vertriebenen Standardlogistikmoduls und die weiteren Audi-spezifischen Entwicklungen der Logistik in der Digitalen Fabrik maßgeblich beeinflusst. Der Produktiveinsatz bei der AUDI AG begann vor ca. vier Jahren. Die Rückmeldungen und Erfahrungen aus dem Praxiseinsatz des Planungswerkzeuges konnten direkt in die weiteren Entwicklungsstufen einfließen. Die aktuelle Version des Planungswerkzeuges befindet sich bereits an über 10 Standorten, bei allen Marken des VW Konzerns im Einsatz und bildet das Standardplanungswerkzeug für alle Logistikplanungsabteilungen. Eine Transferierbarkeit der logistischen Planungskonzepte für andere Unternehmen ist möglich und auch durchaus Ziel der AUDI AG, um von gemeinsamen Weiterentwicklungen und einem Erfahrungsaustausch profitieren zu können.

Franz Hainzinger
Leiter Werklogistikplanung AUDI AG Ingolstadt

Vorwort

Diese Arbeit ist im Laufe der letzten fünf Jahre begleitend zu meiner Tätigkeit in der Werklogistikplanung der AUDI AG am Standort Ingolstadt entstanden und bildet den konzeptionellen Kern des in der Digitalen Fabrik des VW Konzerns eingesetzten Logistikplanungswerkzeugs. Erst die Kombination aus einer über dreijährigen Praxistätigkeit als Logistikplaner mit einer fundierten, wissenschaftlichen Herangehensweise im Rahmen einer Dissertation haben mir die notwendigen Einsichten ermöglicht, um mit der Hilfe vieler anderer Beteiligter gemeinsam ein Planungswerkzeug für die Logistik vor Start-of-Production aufzubauen.

Für die wissenschaftliche Betreuung meiner Arbeit danke ich Herrn Prof. Dr. Andreas Otto von der Universität Regensburg. Ich möchte auch meinen Vorgesetzten Herrn Franz Hainzinger, Herrn Simon Motter und Herrn Andreas Rapp danken, die mir den Freiraum zur Durchführung dieser Arbeit gegeben haben und all die Jahre an den Erfolg dieses langfristig angelegten Projektes geglaubt haben. Dies ist in der heutigen, auf schnelle Ergebnisse fixierten Geschäftswelt alles andere als selbstverständlich. Für ihre umfangreiche Unterstützung bei der Korrektur der Arbeit gilt mein Dank Lisa Schmidt und Wolfgang Cuta. Ganz besonders bedanken möchte ich mich bei meiner Frau Margareta Schneider, die viele Stunden Ideen und Probleme mit mir diskutiert, viele Tage in die Korrektur meiner Arbeit investiert und mich über die Jahre immer wieder zum Durchhalten motiviert hat. Ich bin davon überzeugt, dass die Bereiche der Logistik und der Digitalen Fabrik äußerst spannende Arbeitsgebiete sind und auch künftig noch viele Innovationen und Ideen hervorbringen werden. Darauf freue ich mich.

Markus Schneider

Inhaltsverzeichnis

1 Herausforderungen der Logistikplanung 1

2 Forschungsbedarf im Bereich der Logistikplanung vor SOP 5

2.1 Betriebswirtschaftliche Problemstellung der Arbeit: Nachhaltige Senkung der Logistikkosten . . . 5

2.1.1 Relevante Planungsgrößen der Logistik . . . 6

2.1.2 Voraussetzung für eine nachhaltige Senkung der Logistikkosten . 7

2.1.3 Grundlagen der Planung . . . 9

2.1.4 Planungsablauf ohne softwaretechnische Unterstützung . . . 11

2.1.5 Soll-Planungsablauf mit einer zu entwickelnden softwaretechnischen Unterstützung . . . 14

2.2 Forschungsfragen der Arbeit im Bereich der Logistikplanung vor SOP . . 16

2.3 Überblick über das methodische Vorgehen und den Aufbau der Arbeit . . 18

2.3.1 Abgrenzung des Forschungsbereiches der Arbeit . . . 19

2.3.2 Bestandteile eines Geschäftsprozessreferenzmodells . . . 20

2.3.3 Aufbau der Arbeit . . . 23

2.4 Ableitung des Forschungsbedarfs im Bereich der Logistikplanung vor SOP 24

2.4.1 Der Begriff der Logistikplanung in der Literatur . . . 24

2.4.2 Methodische Unterstützung und Planungsverfahren in der Logistik 28

2.4.3 Logistische Informationssysteme . . . 35

2.4.4 Zusammenfassende Ableitung des Forschungsbedarfs . . . 44

3 Beschreibung des Anwendungsbereichs 47

3.1 Methodische Grundlagen zur Beschreibung des Anwendungsbereichs . . 47

3.1.1 Trennung zwischen der Beschreibung des Problembereichs und dem vorgeschlagenen Lösungsbereich . . . 47

3.1.2 Aufgabenbeschreibung als Teil des Problembereichs . . . 48

3.2 Strukturierung des Planungsprozesses vor SOP . . . 50

3.3 Abgrenzung des Begriffs der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ . . . 53

3.3.1 Das Fließsystem konfigurierende Planung . . . 55

3.3.2 Systemgestaltende Planung 57
3.3.3 Teilebasierte Planung 57
3.3.4 Prozessbasierte Planung 58
3.3.5 Kostenorientierte Planung 58
3.3.6 Engpasssensitive Planung 58
3.3.7 Integrierte Planung von Strukturen und Prozessen 59
3.4 Die Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ 59
3.5 Analyse der Delphi-Studie 63
3.5.1 Erfassung der Aufgaben und Anforderungen mit Hilfe einer Delphi-Studie 63
3.5.2 Allgemeine Erwartungen an ein Planungswerkzeug für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ 67
3.5.3 Anforderungen im Rahmen der Teilaufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ 67
3.5.4 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Delphi-Studie 74

4 Strategische Geschäftsprozessanalyse auf der Ebene des Geschäftsmodells 77
4.1 Methodische Grundlagen zur Beschreibung eines Geschäftsmodells . . . 77
4.2 Erweiterung der logistischen Informationssysteme 79
4.2.1 Erweiterung des Y-Modells um eine Phase der Gestaltung 80
4.2.2 Integration der Planungsprozesse durch die Digitale Fabrik als zentrales Bindeglied 82
4.3 Abbildung eines Logistiksystems mit Hilfe von Prozesskettenmodellen . . 85
4.4 Analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ 89
4.4.1 Zielvorstellung für ein analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell 89
4.4.2 Auswahl der Prozesskostenrechnung als geeignetes Kostenrechnungssystem 90
4.4.3 Ableitung eines analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodells auf Basis der Prozesskostenrechnung 101
4.4.4 Beschreibung des analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodells für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ 109
4.5 Soll-Planungsprozess mit softwaretechnischer Unterstützung 124
4.5.1 Übersichtsmodell über den zweistufigen Soll-Planungsprozess . . 124
4.5.2 Nutzung des analytischen Kostenplanungsmodells im Rahmen des Soll-Planungsprozesses 127
4.6 Zusammenfassende Beschreibung der Geschäftsprozessanalyse 131

5 Das Geschäftsprozessreferenzmodell auf der Ebene der Geschäftsprozesse 135
5.1 Methodische Grundlagen zur Beschreibung der Geschäftsprozesse auf der Ebene eines Fachkonzepts . . . 135
5.2 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Steuerungssicht . . . 137
5.2.1 Methodische Grundlagen zu „ereignisgesteuerten Prozessketten“ . 137
5.2.2 Gesamtmodell der „softwaregestützten taktischen Logistikplanung vor SOP“ . . . 138
5.2.3 Prozess der Abbildung von Logistikketten . . . 138
5.2.4 Prozess der Produktdatenversorgung . . . 140
5.2.5 Prozess der teilebezogenen Planung . . . 142
5.2.6 Prozess der Behälter- und Investitionsplanung . . . 145
5.2.7 Prozess der funktionsbereichsübergreifenden Planung . . . 147
5.2.8 Prozess der standortübergreifenden Planung . . . 149
5.3 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Funktionssicht . . . 149
5.3.1 Materialflussplanung . . . 149
5.3.2 Behälterplanung . . . 163
5.4 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Organisationssicht . . . 165
5.4.1 Aufbauorganisation der Logistikplanung . . . 165
5.4.2 Rollenkonzept der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ . . . 166
5.4.3 Abbildung der Organisationssicht im Planungswerkzeug . . . 168
5.5 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Datensicht . . . 169
5.5.1 Methodische Grundlagen zu Entity-Relationship-Modellen . . . 169
5.5.2 Ableitung der generellen Gestaltung des Datenmodells . . . 170
5.5.3 Beschreibung der Datenmodells . . . 171
5.6 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Leistungssicht . . . 179
5.6.1 Grobes Logistikkonzept auf der Strategieebene . . . 180
5.6.2 Feines Logistikkonzept auf der Ausprägungsebene . . . 183
5.7 Zusammenfassende Beschreibung des Fachkonzepts . . . 185

6 Anforderungen an ein Planungswerkzeug 187
6.1 Methodische Grundlagen zur Erhebung und Analyse von Anforderungen an Anwendungssysteme . . . 187
6.1.1 Grundlagen des Anforderungsmanagements . . . 187
6.1.2 Aufgaben des Anforderungsmanagements und eingesetzte Methoden . . . 188
6.1.3 Arten von Anforderungen . . . 191
6.1.4 Strukturierung von Anforderungen . . . 192
6.1.5 Aufbau von Anwendungsfällen . . . 193

6.2 Anwendungsfall 1: Abbildung von Logistikketten 196
6.3 Anwendungsfall 2: Produktdatenversorgung 198
6.3.1 Datenbereitstellung über (teil-)automatisierte Schnittstellen 199
6.3.2 Zusammenfassung planungsrelevanter Bauteile zu „LogTeilen“ . 200
6.4 Anwendungsfall 3: teilebezogene Planung 201
6.4.1 Beschleunigung des Planungsprozesses 201
6.4.2 Automatisierung des Planungsprozesses 202
6.4.3 Sichtenkonzept auf einer Datenbasis 203
6.4.4 Auswahl des Verpackungskonzepts 206
6.4.5 Auswahl des Anlieferkonzepts 206
6.4.6 Berechnungsfunktionalitäten 206
6.5 Anwendungsfall 4: Behälter- und Investitionsplanung 207
6.6 Anwendungsfall 5: funktionsbereichsübergreifende Planung 209
6.7 Anwendungsfall 6: standortübergreifende Planung 210
6.7.1 Planung eines Fahrzeugmodells an mehreren Standorten 210
6.7.2 Trennung in standortunabhängige und standortabhängige Planungsergebnisse 211
6.7.3 Synchronisation standortübergreifender Planungen 213
6.8 Übergreifende Anforderungen 215
6.8.1 Abbildung der Dimensionen der Planungsprojekte der Logistik . . 215
6.8.2 Berichte und Auswertungen 223
6.8.3 Ergonomie und Aufbau der Masken 223
6.8.4 Berechtigungskonzept 225
6.8.5 Aufgabenübergreifende Integration der Werkzeuge und Methoden 227

7 Zusammenfassung der Arbeit 231
7.1 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse 231
7.2 Praxiseinsatz und weiterer Forschungsbedarf 235

Literaturverzeichnis 237

Abkürzungsverzeichnis 247

Anhang A: Fragenbogen 1. Befragungsrunde 249

Anhang B: Fragenbogen 2. Befragungsrunde 259

Anhang C: Auswertungen der Delphi-Studie 273

Anhang D: Erstellung von Anwendungsfällen 277

Abbildungsverzeichnis

2.1 Möglichkeit zur Kostenbeeinflussung und Änderungskosten (Rapp (1999), S. 11) 8
2.2 Schematische Abbildung des Logistikplanungsprozesses ohne durchgängige softwaretechnische Unterstützung 12
2.3 Schematische Abbildung des Soll-Logistikplanungsprozesses mit einer durchgängigen softwaretechnischen Unterstützung 14
2.4 Beschreibung des zu erstellenden Planungswerkzeugs mit Hilfe eines morphologischen Kastens (in Anlehnung an Mertens/Griese (2000), S. 2-11) . 15
2.5 Anforderungsmanagement als Brücke zwischen Business Engineering und Software Engineering (vgl. Schienmann (2002), S. 311) 21
2.6 Ebenen und Sichten des ARIS-Konzepts zur Erstellung von Geschäftsprozessmodellen (in Anlehnung an Scheer (2001), S. 1) 23
2.7 Y-Modell zur Darstellung der Geschäftsprozesse der Auftragslogistik und der Produktentwicklung (in Anlehnung an Scheer (2001), S. 9) 37

3.1 Phasen und Aufgaben der Logistikplanung von der Entwicklungsphase bis End-of-Production 51
3.2 Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung der Materialflussplanung im Planungsprozess 69
3.3 Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung der Prozesskostenrechnung im Planungsprozess 71
3.4 Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung der Behälterplanung im Planungsprozess 72
3.5 Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung des Komplexitäts- und Änderungsmanagements im Planungsprozess 73
3.6 Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung des Vergabeprozesses im Planungsprozess 75

4.1 Das Geschäftsprozessreferenzmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ auf der Ebene des Geschäftsmodells 79

4.2 Erweiterung des Y-Modells um die Phase der Gestaltung (in Anlehnung an Scheer (2001), S. 9) 81
4.3 Die Digitale Fabrik als zentrales Bindeglied zwischen den Planungsprozessen 84
4.4 Strukturelemente eines Prozesses (in Anlehnung an Bernemann (2002), S. 61) 86
4.5 Beispiel eines Prozesskettenmodells (vgl. Schneider/Otto (2006), S. 67) . 88
4.6 Kostenkategorien für die Bewertung eines Logistiksystems (in Anlehnung an Pfohl (2000), S. 31-32) 105
4.7 Analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ 111
4.8 Aufbau einer beispielhaften Planung auf Bauteilbasis mit Planungsdaten . 118
4.9 Analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell für das vorliegende Rechenbeispiel 119
4.10 Übersicht über die Soll-Planungsabläufe in der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ 126
4.11 Potenzialklassen zeigen Möglichkeiten zur Beeinflussung von Prozessketten und damit Untersuchungsdimensionen der Logistikplanung (in Anlehnung an Bernemann (2002), S. 68) 128
4.12 Abbildung der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ (vgl. Schneider/Otto (2006), S. 67) 133

5.1 Das Geschäftsprozessreferenzmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ auf der Ebene der Geschäftsprozesse 136
5.2 Legende 138
5.3 EPK Gesamtmodell der „softwaregestützten taktischen Logistikplanung vor SOP“ 139
5.4 EPK Abbildung von Logistikketten 140
5.5 LogTeil-Konzept zur Verringerung des Planungsaufwands 141
5.6 EPK Produktdatenversorgung 143
5.7 EPK Teilebezogene Planung 144
5.8 EPK Behälter- und Investitionsplanung 146
5.9 EPK funktionsbereichsübergreifende Planung 148
5.10 EPK Standortübergreifende Planung 150
5.11 Darstellung der Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ als Funktionsbaum 151
5.12 Funktionsbereichsübergreifender Datenaustausch zur Layoutplanung . . . 159
5.13 Organigramm der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ mit Rollenkonzept 167

5.14 Datenmodell eines Planungswerkzeugs zur Unterstützung der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ aus Makrosicht 172
5.15 Zusammensetzung eines Gebindes 178
5.16 Leistungsmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ 181

6.1 Beziehungsgeflecht zwischen Anwendungsfällen und Anforderungen (Schienmann (2002), S. 164) 193
6.2 Legende 194
6.3 Ableitung von Anwendungsfällen aus ARIS-Prozessen (in Anlehnung an Schienmann (2002), S. 339) 195
6.4 Anwendungsfall 1: Abbildung von Logistikketten 196
6.5 Ablage vordefinierter Logistikprozessketten in einer zentralen Bibliothek 198
6.6 Anwendungsfall 2: Produktdatenversorgung 198
6.7 Notwendige Informationen für die Logistikplanung 200
6.8 Anwendungsfall 3: teilebezogene Planung 201
6.9 Anwendungsfall 4: Behälter- und Investitionsplanung 208
6.10 Anwendungsfall 5: funktionsbereichsübergreifende Planung 210
6.11 Anwendungsfall 6: standortübergreifende Planung 211
6.12 Standortabhängige und standortunabhängige Planungsdaten (Schneider/Völker (2006), S. 36) 213
6.13 Synchronisation der Pläne für zwei Standorte (Schneider/Völker (2006), S. 37) 214
6.14 Die Dimensionen der Planungprojekte in der Logistik vor SOP 216
6.15 Einsatz des Planungswerkzeugs über alle Planungsphasen 218
6.16 Datenversorgung während verschiedener Planungsphasen 219
6.17 Bereitstellung von COP-Teilen bei der Fertigung mehrer Fahrzeugmodelle auf einer Montagelinie 221
6.18 Gemeinsam genutzte Teile der Logistikkette bei einer fahrzeugmodellübergreifenden Sequenzierung 222
6.19 Gemeinsam genutzte Teile der Logistikkette bei einer fahrzeugspezifischen Warenkorbbildung 222
6.20 Berichtserstellung unter Berücksichtiung der Dimensionen der Planungprojekte 224

Tabellenverzeichnis

3.1 Abgrenzung der unterschiedlichen Bereiche der „Logistikplanung vor SOP“ (vgl. Schneider/Otto (2006), S. 62) 54
3.2 Konfigurationselemente eines Logistiksystems 56
3.3 Teilaufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ 61

4.1 Teilprozesse mit zugehörigen Kostentreibern und Bezugsgrößen 104
4.2 Kostenkategorien je Teilprozess 108
4.3 Beispielhafte Darstellung des Kalkulationsergebnisses je Teilprozess auf Basis „Kosten je produziertem Fahrzeug“ 122
4.4 Beispielhafte Darstellung des Kalkulationsergebnisses je Teilprozess auf Monatsbasis (bei 20.000 produzierten Fahrzeugen pro Monat) 123

6.1 Bewertung der eingesetzten Erhebungstechniken (in Anlehnung an Schienmann (2004), S. 198) 189
6.2 Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 1 197
6.3 Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 2 199
6.4 Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 3 204
6.5 Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 4 209
6.6 Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 5 209
6.7 Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 6 212
6.8 Anforderungen zur Abbildung der Planungsprojekte der Logistik 217
6.9 Anforderungen zu Berichten und Auswertungen 223
6.10 Anforderungen zu Ergonomie und Aufbau der Masken 225
6.11 Anforderungen zum Berechtigungskonzept 226
6.12 Anforderungen zur aufgabenübergreifenden Integration der Werkzeuge und Methoden 227

1 Herausforderungen der Logistikplanung

Die Logistikplaner in der Automobilindustrie stehen vor der Herausforderung, bereits ab Start-of-Production (SOP)[1] effiziente Logistikabläufe garantieren und einen weiteren Beitrag zur Kostensenkung im Unternehmen leisten zu müssen.

Die Qualität der Ergebnisse der *Logistikplanung vor SOP* hat maßgeblichen Einfluss auf die Herstellungskosten eines Automobils. Bei gleich hoher Produktqualität entscheiden die Produktions- bzw. Logistikkosten über die Höhe des Deckungsbeitrags.[2] Die Produktionskosten waren in der Vergangenheit bereits Gegenstand intensiver Optimierungsbemühungen. Durch einen hohen Automatisierungsanteil sind die Kosten im Bereich der Produktion aber häufig nur geringfügig beeinflussbar. Die Qualität und die Kosten der logistischen Abläufe entscheiden stärker über den Erfolg der Automobilhersteller als bisher.[3] Somit rücken die Logistikkosten immer stärker in den Fokus.

Verschiedene Veränderungen in der Unternehmensumwelt tragen dazu bei, dass die Anforderungen an die Logistik wachsen, die logistischen Prozesse an Komplexität zunehmen und die Logistikkosten tendenziell steigen. Unter Komplexität wird verstanden, dass es sich bei der Logistik um ein System handelt, das aus vielen Teilen besteht, die in einer dynamischen Beziehung zueinander stehen und zu einem Wirkungsgefüge vernetzt sind. Komplexität kommt erst durch Vernetzung zustande.[4]

- Die Verkürzung der Produktlebenszyklen[5] reduziert nicht nur den für die technische Entwicklung eines Fahrzeugs zur Verfügung stehenden Zeitraum, sondern auch die Planungszeiträume für die Logistik- und Fertigungsabläufe. Das neue Fahrzeugmodell muss schneller in die bestehenden Logistik- und Fertigungsstrukturen integriert werden. Dies bedeutet, dass ein *früherer Start* der Planung der logistischen Abläufe im Produktlebenszyklus (Frontloading) ermöglicht und die notwendige *Planungszeit* verkürzt werden muss.

[1] Als SOP wird das Ende der Nullserie, also die Produktion des ersten kundenfähigen Produktes bezeichnet (vgl. Fitzek (2005), S. 56). Häufig wird dies auch „Job No. 1“ genannt. Der SOP markiert den Beginn der regulären Serienproduktion. An dieser Stelle sei auf die weiteren Ausführungen in Kapitel 3.2 verwiesen.

[2] vgl. Bracht/Bierwirth (2003), S. 219

[3] vgl. Berlien (1993), S. 108-109

[4] vgl. Vester (1999), S. 16 und 24-25

[5] vgl. Hellingrath (2006), S. 3

- Der wachsende Kostendruck erzwingt es, verschiedene Alternativen für die logistischen Abläufe bereits im Vorfeld zu betrachten und aus Kostengesichtspunkten zu bewerten. Die *Güte des Planungsergebnisses* muss erhöht werden. Diese hängt von der Qualität der für die Entscheidung zu Grunde gelegten Informationen ab.[6] Durch eine genauere und transparentere Planungsbasis und geschlossene Datenkreisläufe über Abteilungen und den Produktlebenszyklus hinweg können übergreifende Synergieeffekte identifiziert und das notwendige Investitionsvolumen verringert werden. Optimierungspotenziale müssen frühzeitig, im Idealfall schon vor SOP, erkannt und genutzt werden.

- Weltweite Produktionsverbünde und weltweit verteilt produzierende Lieferanten erfordern neue, zusätzliche Varianten logistischer Prozesse und erhöhen die Komplexität der Planung. Die Machbarkeit von Logistikabläufen muss vor SOP durch Plausibilitätsprüfungen, Visualisierung der Planungsergebnisse und den Einsatz von Simulation nachgewiesen werden, um kostenintensive *Fehler im Modellanlauf* zu vermeiden.[7]

- Ein geändertes Käuferverhalten führt zu der Notwendigkeit die Lieferzeiten für den Kunden zu verkürzen und den Kundenauftrag und damit die Beschaffung und Produktion bis kurz vor dem Produktionsdatum noch ändern zu können. Dies erfordert den Einsatz von extrem schnellen und flexiblen Logistikprozessen wie Just-in-Time-Anlieferungen. Diese logistischen Abläufe sind meist relativ teuer und aus versorgungstechnischen Gesichtspunkten mit höheren Risiken behaftet. Daher erfordert der Einsatz von Just-in-Time-Konzepten eine sehr sorgfältige Planung im Vorfeld.

- Der rapide Anstieg der Derivate und Ausstattungsvarianten erhöht die Anzahl der zu beplanenden Kaufteilsachnummern (regelmäßig über 20.000 pro Modell) sowie die Anzahl der zu beplanenden aktiven Lieferanten (regelmäßig über 1000 pro Modell). Der steigende Flächenbedarf in den Werken führt dazu, dass die knappen Logistikflächen noch sorgfältiger beplant werden müssen.[8]

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Anforderungen an die Qualität der Ergebnisse der Logistikplanung trotz einer schwierigeren Ausgangssituation und häufiger wechselnder Planungsprämissen steigt.

Aufgrund der Komplexität der Planungsaufgabe, der umfangreichen notwendigen aktuellen und zukünftigen Planungsdaten und der bei Entscheidungen zu berücksichtigenden

[6] vgl. Wittmann (1959), S. 83
[7] vgl. Zäh/Patron/Fusch (2003), S. 76
[8] vgl. Straube (2004), S. 118

Zielkonflikte innerhalb eines Logistiksystems erscheint eine Softwareunterstützung unumgänglich. Das Ziel ist, lange bevor ein Fahrzeug gebaut wird, ein effizientes und effektives Logistiksystem zu gestalten, die Machbarkeit des Logistikkonzepts nachzuweisen und damit kostenintensive Korrekturen nach SOP zu vermeiden. Weiterhin soll eine geschlossene Datenkette für ein Fahrzeugprojekt erhalten bleiben, um vorhandene Erfahrungen und Prozess-Know-how für neue Fahrzeuge wieder verwenden zu können.[9] Zur Lösung dieser Herausforderungen stellen die Methoden und Werkzeuge der Digitalen Fabrik einen wesentlichen Erfolgsfaktor dar.[10]

[9] vgl. Knoblach et al. (2000), S. 2-70
[10] vgl. Dombrowski/Tiedemann (2002), S. 128-132

2 Forschungsbedarf im Bereich der Logistikplanung vor SOP

Im Weiteren wird zunächst das zu lösende betriebswirtschaftliche Problem näher beschrieben. Wie bereits aus der Einleitung deutlich wurde, ist das Ziel dieser Arbeit zu einer nachhaltigen Senkung der Logistikkosten beizutragen. Um dies zu ermöglichen, sind einige Forschungsfragen im Rahmen dieser Arbeit zu bearbeiten.

Das methodische Vorgehen zur Beantwortung dieser Forschungsfragen wird in Kapitel 2.3 erläutert.

Wie in Kapitel 2.4 gezeigt wird, existiert ein Missverhältnis zwischen der Erfolgsrelevanz der *Logistikplanung vor SOP* und der Behandlung dieses Bereiches in der Forschung sowie der praktischen Unterstützung durch Instrumente, insbesondere durch Planungsinstrumente.[1] Aus diesen Betrachtungen lässt sich der Forschungsbedarf für den Bereich der Logistikplanung vor SOP ableiten.

2.1 Betriebswirtschaftliche Problemstellung der Arbeit: Nachhaltige Senkung der Logistikkosten

Ziel jeder logistischen Aktivität ist die Optimierung des Logistikerfolgs, d.h. also der Komponenten der Logistikleistung und der Logistikkosten.[2] Mit dieser Arbeit soll zu einer nachhaltigen *Senkung des Logistikkostenniveaus* auf der Beschaffungsseite in der Automobilindustrie unter Beibehaltung der geforderten Logistikleistung beigetragen werden. Hier wird argumentiert, dass die geforderte Logistikleistung im Rahmen der Beschaffungslogistik von dem internen Kunden, der Fertigung, vorgegeben wird. Aufgabe der Logistik ist, diese geforderte Logistikleistung unter minimalem Ressourceneinsatz zu erbringen. Den in Kapitel 1 beschriebenen, wachsenden Herausforderungen der Logistik soll vor allem durch eine detailliertere Planung der logistischen Abläufe und standardisierte Planungsmethoden begegnet werden. Einen weiteren wesentlichen Baustein bildet

[1] vgl. Jahn/Richter (2003), S. 265
[2] vgl. Schulte (2005), S. 6

ein früherer Planungsstart im Produktlebenszyklus, der die Beeinflussung des Produkts und der strukturdeterminierten Kosten durch die Logistik ermöglicht.

2.1.1 Relevante Planungsgrößen der Logistik

Die zentralen Planungsgrößen der Logistik müssen bereits vor SOP geplant und in Form von Kennzahlen und Kostengrößen ausgewiesen und verfolgt werden können, wie dies auch aus den Ergebnissen der Delphi-Studie (vgl. Kapitel 3.5) erkennbar ist, die im Bereich der Logistikplanung der AUDI AG durchgeführt wurde.

Folgende zentrale Größen werden in der Logistik vor SOP geplant:

- Externe Logistikkosten (z.B. Frachten, Kosten für externe Dienstleister etc.)
- Flächen (z.B. Lager-, Umschlags- und Sequenzierflächen)
- Personal (z.B. aufgewendete Arbeitsstunden)
- Investitionen (z.B. für Behälter)

Schon ein bis zwei Jahre vor SOP eines Fahrzeugmodells sollen die *Frachtkosten* und die für dieses Fahrzeugmodell anfallenden *Transportvolumina* prognostiziert werden können.

Somit lassen sich bereits vor SOP große Lieferumfänge identifizieren. Durch die Einrichtung von direkten Transportrelationen zu den entsprechenden Lieferanten lassen sich erhebliche Frachtkosten einsparen. Optimierungen, die ohne eine softwarebasierte Planung erst Monate oder Jahre nach SOP durch Auswertungen aus den operativen Softwaresystemen möglich sind, greifen bereits ab Produktionsstart.

Weiterhin kann bereits frühzeitig auf Kostenentwicklungen oder Verschiebungen der Lieferströme (z.B. durch Verlagerungen vieler Lieferantenstandorte in den osteuropäischen Raum) reagiert werden. Auf Basis dieser Informationen lassen sich auch die Kosten für die externen Dienstleister abschätzen. Dies bildet eine wichtige Grundlage für die Vertragsgestaltung und die Kostenverhandlungen mit den Dienstleistern.

Eine weitere wichtige Information stellen die *Flächenbedarfe* im Werk für Lager-, Umschlags- und Sequenzierflächen dar. Es ist für die Logistik äußerst wichtig, bereits im Vorfeld über Prognosen zu verfügen, ob die Flächen nach dem Anlauf eines weiteren Fahrzeugmodells noch ausreichen oder ob zusätzliche Flächen benötigt werden. Da der Bau von zusätzlichen Lagerhallen mehrere Jahre in Anspruch nimmt und auch die Anmietung von Flächen in der näheren Umgebung des Werkes meist nicht kurzfristig umsetzbar ist,

sind auch hier möglichst weitreichende Prognosen für die zukünftige Entwicklung notwendig. Des Weiteren werden durch die Flächenplanung und Lagerverteilung auch die Planungen für die internen *Fahrkreise und Transportaufwände* maßgeblich beeinflusst. Die Bauteile sollten möglichst nahe am jeweiligen Bedarfsort an der Montagelinie gelagert werden, um die Transportwege im Werk möglichst gering zu halten. Dies gilt insbesondere für Teile, die häufig benötigt werden oder große Transportvolumina verursachen. Werden diese Optimierungen erst nach SOP vorgenommen, ziehen die zwangsläufig notwendigen Umlagerungen des Materials erheblichen Mehraufwand für Verladung, Transport und Zwischenlagerung nach sich.

Auch das benötigte *Logistikpersonal* kann nur mit einem längeren Vorlauf geplant und vorgehalten werden. Es muss prognostiziert werden, wie viele Mitarbeiter in den einzelnen Sequenzierzonen und wie viele Gabelstapler- und Zugmaschinenfahrer künftig benötigt werden. Wenn kurzfristig auf einen erhöhten Personalbedarf reagiert werden muss, verursachen die notwendigen Maßnahmen wie Zusatzschichten, Wochenendarbeit oder Überstunden zusätzliche Kosten. Umgekehrt verursacht auch nicht ausgelastetes Personal Zusatzkosten, die vermieden werden sollten.

Einen weiteren wichtigen Kostenfaktor der Logistik stellen die notwendigen *Investitionen* in Betriebsmittel dar, um ein Logistiksystem überhaupt betreiben zu können. Hierzu zählen unter anderem Gabelstapler, Zugmaschinen und Anhänger, aber auch EDV für die Lagerverwaltung und Regale. Den größten Teil der Investitionen bilden jedoch regelmäßig die zu beschaffenden Spezialbehälter für ein neues Fahrzeugmodell. Neben dem Einzelpreis eines Behälters bildet hier die zu beschaffende Anzahl an Behältern die wichtigste Planungsgröße. Diese wird maßgeblich durch den Logistikprozess bestimmt (Lagerreichweite beim Lieferanten, Entfernung vom Lieferanten, Lagerreichweite im Werk etc.). Werden zu viele Behälter beschafft, entstehen unnötige Kosten für die Behälter und die Lagerung der nicht benötigten Behälter. Werden zu wenige Behälter beschafft, entstehen meist erhebliche Kosten für die Anlieferung der Teile in Ausweichverpackungen oder es können zur Produktion geplante Fahrzeuge aufgrund fehlender Bauteile gar nicht gebaut werden. Um diesen Zielkonflikt bestmöglich lösen zu können, sind die Planer auf möglichst umfangreiche und genaue Daten zum gesamten Logistikprozess angewiesen.

2.1.2 Voraussetzung für eine nachhaltige Senkung der Logistikkosten

Das Produkt stellt den Auslöser jeglichen logistischen Handelns dar und beeinflusst die logistischen Abläufe und Kosten, beispielsweise über die Fertigungstiefe und die Behäl-

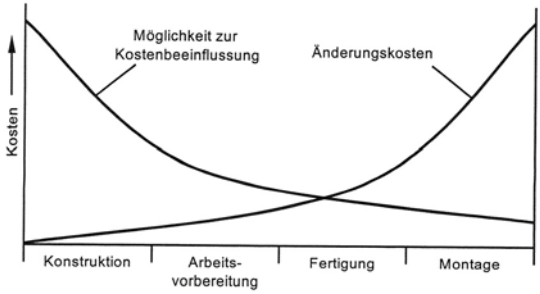

Abbildung 2.1: Möglichkeit zur Kostenbeeinflussung und Änderungskosten (Rapp (1999), S. 11)

terinhalte maßgeblich.

Wie Abbildung 2.1 zeigt, werden 70-80 Prozent der Kosten eines Produkts im Produktentstehungsprozess festgelegt.[3] Auf diese noch nicht strukturdeterminierten Kosten gilt es Einfluss zu nehmen. Korrekturen in der laufenden Produktion (nach SOP) haben nicht nur vergleichsweise geringes Beeinflussungspotenzial, sondern sind auch mit höheren Änderungs- und Umsetzungskosten verbunden.[4] Die Optimierungsmaßnahmen gleichen einem Kurieren an Symptomen. Die bereits im Produktentstehungsprozess festgelegten grundsätzlichen Kostenstrukturen können nicht mehr beeinflusst werden.[5] Kosten für Produktänderungen oder -korrekturen werden um so höher, je später sie vorgenommen werden.[6]

Daher muss die logistische und fertigungstechnische Planung variantenreicher Produkte bereits in der Entwicklungsphase beginnen.[7] Planungskapazitäten müssen früher eingesetzt und Schritte, die spät im Planungsprozess vorgesehen waren, vorgezogen werden. Dies wird häufig auch als „Frontloading“ bezeichnet.[8]

Als betriebswirtschaftliche Grundfunktionen werden hier die „Forschung und Entwicklung“, die „Beschaffung“, die „Produktion“ und der „Absatz“ aufgefasst. Die „Logistik“ erfüllt eine Querschnittsfunktion.[9] Produktentwicklung, Produktions- und Logistikplanung, bisher meist getrennte, sequenziell bearbeitete Aufgabenfelder, können mit Blick auf Zeit, Kosten und Qualität nur gemeinsam zu zielführenden Problemlösungen fin-

[3] vgl. Rapp (1999), S. 11
[4] vgl. Pfeiffer/Weiß (1994), S. 180ff.
[5] vgl. Opitz (1970)
[6] vgl. Scheer (1998b), S. 532-533
[7] vgl. Bongulielmi/Henseler/Zwicker (2003), S. 17
[8] vgl. Menges (2005), S. 27
[9] vgl. Pfohl (2000), S. 44-45

den.[10] Eine durchgängige, integrierte und funktionsbereichsübergreifende Unterstützung der Planungsprozesse, wie diese durch die Digitale Fabrik angestrebt wird, ist erforderlich.

Um die Entwicklungszeiten verkürzen zu können, ist eine Parallelisierung der Planungsprozesse notwendig. Dadurch werden Übertragungszeiten zwischen den einzelnen Abteilungen verringert. Dies wird als *Simultaneous Engineering* bezeichnet.[11] Somit können die Fertigung und andere Abteilungen bereits während des Entwicklungsprozesses Einfluss auf das Produkt nehmen.[12]

Aufgrund der Komplexität des Planungsumfeldes, der Vielzahl von Aufgaben und Planungsvariablen müssen diese Planungsaufgaben softwaretechnisch unterstützt werden. Die moderne EDV ermöglicht den Einsatz von rechen- und datenintensiven betriebswirtschaftlichen Planungstechniken, die ohne EDV-Einsatz unwirtschaftlich oder undurchführbar wären.[13] Die wirtschaftlichen Vorteile des Einsatzes von Planungsunterstützungssystemen können aber nur genutzt werden, wenn geeignete *betriebswirtschaftliche Anwendungskonzepte* vorliegen, die es im Rahmen dieser Arbeit für die Logistikplanung vor SOP zu entwickeln gilt.

2.1.3 Grundlagen der Planung

Jegliches Handeln, auch in der Logistikplanung, kann in die Grundphasen Planung, Steuerung und Kontrolle aufgegliedert werden.[14] Unter Planung kann ein systematischer Prozess, in dessen Verlauf zukünftige Ziele, Maßnahmen und Mittel als Rahmen von Entscheidungen festgelegt werden, verstanden werden. [15] Planung lässt sich in drei Hauptphasen unterteilen:[16]

- Erkennen der Problemstellung
- Alternativenermittlung
- Bewertung der Handlungsalternativen und Auswahl

[10] vgl. Meier/Hanencamp (2003), S. 50
[11] Kuhn versteht unter Simultaneous Engineering die parallele Bearbeitung eines Problemlösungsprozesses, an dem viele Fachkompetenzen beteiligt werden müssen (vgl. Kuhn (1995), S. 138)
[12] vgl. Scheer (1998b), S. 532-533
[13] vgl. Scheer (1990), S. 2
[14] vgl. Berthel (1975), S. 17
[15] vgl. Grünig (1996), S. 17
[16] vgl. Domschke/Scholl (2003), S. 25

Zunächst muss auf der Basis von Anregungsinformationen ein *Entscheidungsproblem* erkannt und definiert werden. Die Aufgabe der Logistikplanung ist komplex und benötigt als Ausgangsbasis umfangreiche Daten über die aktuellen Strukturen und Prozessabläufe im Unternehmen und über das zukünftig zu fertigende Produkt. Dies bedingt, dass viele Planungsvariablen von den Planern zu berücksichtigen sind. Weiterhin verändern sich während des Planungszeitraums regelmäßig die Planungsdaten und -prämissen. Dies hat zur Folge, dass es im Planungsprozess immer wieder zu Rückkopplungsschleifen in vorgelagerte Planungsphasen kommt.

Ausgehend von diesen Informationen sind durch die Logistikplanung geeignete logistische *Handlungsalternativen* und Lösungsansätze zu erarbeiten, wobei die Informationen umso eher berücksichtigt werden, je leichter sie zugänglich sind (organisatorisch, räumlich, intellektuell), je kompakter und leichter verständlich sie dargestellt sind (z.B. Grafik, Layout) und je größer das Vertrauen in die Informationsquelle ist.[17] Die Planungssoftware soll die Alternativensuche unterstützen, vor allem aber die Abbildung potenzieller Lösungsszenarien und deren Bewertung ermöglichen. Zur *Beurteilung* der Lösungsalternativen ist eine Wirkungsprognose, also eine Ermittlung der voraussichtlich durch diese Lösungsalternative verursachten Ressourcenverbräuche notwendig. Hierzu ist ein betriebswirtschaftliches Konzept zur Kostenermittlung auf Basis konstenrechnerischer Ansätze zu entwickeln (vgl. Kapitel 4.4). Auch hierbei gilt es, die enge Wechselwirkung zwischen der Betriebswirtschaftlslehre und der EDV zu berücksichtigen. Die betriebswirtschaftlichen Abläufe und Entscheidungsprozesse müssen unter Beachtung der neuen Techniken gestaltet werden. [18]

Bei der Erstellung dieses Konzepts zur Ermittlung der Logistikkosten ist zu berücksichtigen, dass Logistiksysteme durch eine Vielzahl von *Kostenkonflikten* gekennzeichnet sind. Kostensenkungen in einem Teilsystem führen häufig zu Kostensteigerungen in anderen Teilsystemen. So kann beispielsweise die Senkung der Transportkosten durch den Aufbau von Direktrelationen zu einem Lieferanten durch den damit potenziell größeren Sendungsumfang zu einer Steigerung der Bestands- und Lagerkosten führen.[19] Derartige Kostenkonflikte müssen vom Planer erkannt und bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden.

Ein weiteres Problem der Logistikplanung vor SOP stellt die *Interdependenz* der Strukturelemente logistischer Prozesse bei der Findung geeigneter Maßnahmen dar. Jede Veränderung irgendeines Prozesses kann Änderungen der Strukturen und der Ressourcen des

[17] vgl. Picot/Reichwald/Wiegand (2001), S. 84
[18] vgl. Scheer (1990), S. 3
[19] vgl. Pfohl (2000), S. 31-32

Prozesses selbst oder Änderungen in anderen Prozessketten nach sich ziehen.[20] Dieses Vernetzungsproblem wird in Kapitel 4.4 genauer beschrieben und erfordert neben dem Fachverstand des Planers eine geeignete Planungsunterstützung.

Die Logistikplanung vor SOP muss also in die Lage versetzt werden, die Kosten für ein Logistiksystem gesamtheitlich und integriert zu betrachten, die zu erwartenden Logistikkosten unter Berücksichtigung der Zielkonflikte in einem Logistiksystem und der Interdependenzen der Strukturelemente logistischer Prozesse prognostizieren zu können.[21] Neben der Datenversorgung ist auch die Einbindung dieses Konzepts zur Ermittlung der Logistikkosten vor SOP in das Planungswerkzeug von besonderer Bedeutung, da die in Unternehmen weit verbreiteten Standard-Anwendungsprogramme eine erhebliche Multiplikatorwirkung für die in ihnen enthaltenen betriebswirtschaftlichen Konzeptionen besitzen.[22]

2.1.4 Planungsablauf ohne softwaretechnische Unterstützung

Bereits aus der in Abbildung 2.2 dargestellten Übersicht über den nicht-systemgestützten Planungsablauf in der Logistik lassen sich einige Verbesserungspotenziale erkennen. Bevor der Logistikplaner mit der Planungstätigkeit beginnen kann, muss er aus einer Vielzahl verschiedener Quellen und Systeme die dazu notwendigen Daten zusammentragen. Dies soll am Beispiel eines kurzen Abschnittes einer Montagelinie erläutert werden, für den eine Logistikplanung durchgeführt werden soll.

Um künftige logistische Abläufe planen zu können, müssen Ist-Abläufe bekannt sein. Es werden Daten zu den *Flächen* und die *Layouts* des zu planenden Bereichs benötigt, um sich ein Bild von der Situation vor Ort machen zu können und um die Platzverhältnisse richtig einschätzen zu können. Gibt es beispielsweise Säulen, die Abläufe eventuell behindern könnten oder sind Ausgänge, Anlagen, Schaltschränke oder Sicherheitstechnik freizuhalten? Weiterhin benötigt der Planer eine Übersicht über die *Bauteile*, die in dem Planungsbereich angeliefert werden müssen. Diese stammen aus der *Stückliste*. Allerdings müssen die relevanten Bauteile bei der Fertigungsplanung erfragt und manuell in der Stückliste gesucht werden. Nur die Montageplanung kann die *Bedarfsorte* für die Bauteile festlegen, da hier die Montageprozesse und die Arbeitsfolgen geplant werden. Auch die zugehörigen *Bauteilgeometrien*, die zur Bestimmung eines Verpackungskonzepts notwendig sind, müssen manuell in einem weiteren System gesucht und zusammengetragen

[20] vgl. Bernemann (2002), S. 66
[21] vgl. Straube (2004), S. 261
[22] vgl. Scheer (1990), S. 2

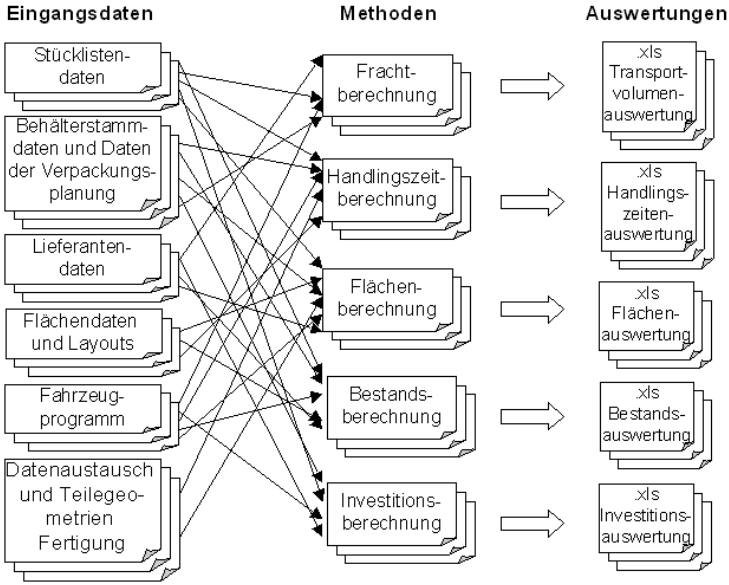

Abbildung 2.2: Schematische Abbildung des Logistikplanungsprozesses ohne durchgängige softwaretechnische Unterstützung

werden. Um nun die Positionierung der Bauteile an der Montagelinie nach den Anforderungen der Werker vornehmen zu können, müssen die *Einbauraten* für alle Bauteile ermittelt werden, damit häufig benötigte Teile näher am Werker positioniert werden können. Auch dies muss wiederum aus einem anderen System extrahiert werden.

Weiterhin werden Daten zu den *Verpackungen* der Bauteile benötigt. Häufig existieren für Bauteile bereits Verpackungsdaten aus einem Vorgängerprojekt oder einem anderen Fahrzeugmodell. Diese müssen aus einem weiteren operativen System abgefragt werden. Existieren für bestimmte Bauteile noch keine Verpackungsdaten, so muss ein Behälter festgelegt und ein Soll-Füllgrad festgelegt werden. Für alle für den Planungsbereich relevanten Bauteile müssen die *Behälterdaten (Länge, Breite, Höhe)* und *Füllgrad* vorhanden sein. Nur so lassen sich die Bereitstellverhältnisse an der Montagelinie realistisch beurteilen.

Um den Materialfluss planen zu können, werden für alle relevanten Bauteile noch die vorgesehenen *Lagerorte* im Werk und der *Lieferant* mit Adresse und *Entfernung* benötigt. Auch diese Informationen können nur aus verschiedenen Ursprungssystemen ermittelt werden.

Es lässt sich also festhalten, dass ein Logistikplaner viele unterschiedliche *Eingangsdaten* für die Erfüllung seiner Aufgabe benötigt, die üblicherweise aus einer Vielzahl verschiedener Systeme bezogen werden muss. Unterschiedliche Planer oder auch der einzelne Planer bei verschiedenen Teileumfängen arbeiten (zumindest teilweise) auf abweichenden Datengrundlagen, da diese Eingangsdaten durch die Planer dezentral und zu unterschiedlichen Zeitpunkten bezogen werden. Auch die Eingangsdaten der Logistikplanung, wie z.B. Layoutinformationen oder Stücklistendaten, unterliegen in der Planungsphase vor SOP häufigen Änderungen.

Ähnliches gilt auch für die Wahl und die Anwendung der *Methoden* im Planungsprozess. Die für die Planungen notwendigen Berechnungen, wie beispielsweise logistische Zeitaufwände und Flächenbedarfe oder die Ermittlung von Durchsätzen und Transportvolumina finden meist dezentral in Excel-Dokumenten statt. Jeder Planer kann ein eigenes, oftmals leicht abweichendes Vorgehen entwickeln. Es fehlen Standards und ein durchgängiges betriebswirtschaftlich fundiertes Konzept für eine Logistikplanung.

Diese vom Logistikplaner eventuell veränderten oder neu erstellten Planungsdaten und *Auswertungen* werden in verschiedensten Formularen, Dokumenten und Formaten gespeichert. Dies führt dazu, dass die Auswertungen nicht in einer zentral verfügbaren, konsistenten und vergleichbaren Form vorliegen.

Zum SOP eines neuen Fahrzeugs müssen die operativen Systeme dann in manueller Arbeit mit den Planungsdaten befüllt werden. Die Datenversorgung in der Planungsphase und die Übertragung der Planungsdaten in die operativen Systeme zum SOP sind mit enormem Zeit- und Arbeitsaufwand verbunden. Die vielen Arbeitschritte und manuellen Dateneingaben machen den Prozess sehr fehleranfällig.

Aufgrund des enormen Zeitaufwands für die Ermittlung der Grunddaten und die Durchführung der notwendigen Berechnungen werden nur die wichtigsten Teileumfänge detailliert und mit Hilfe zukunftsbezogener analytischer Verfahren geplant. Die Planung wird für den Großteil der Planungsumfänge eher „top-down“ vorgenommen. Ausgehend von Ist-Daten aus vergangenen Perioden oder Daten eines Vergleichsfahrzeugs werden die zu planenden Ressourcenverbräuche abgeleitet und geschätzt. Diese vergangenheitsbezogenen Verfahren haben den Nachteil, dass Unwirtschaftlichkeiten von vornherein in die Planung einbezogen werden. Weichen zu planende Produkte stark von den existierenden Produkten ab, so führt dieses Vorgehen aufgrund der nicht vergleichbaren Rahmenbedingungen zu wenig verlässlichen Planungsergebnissen.

2.1.5 Soll-Planungsablauf mit einer zu entwickelnden softwaretechnischen Unterstützung

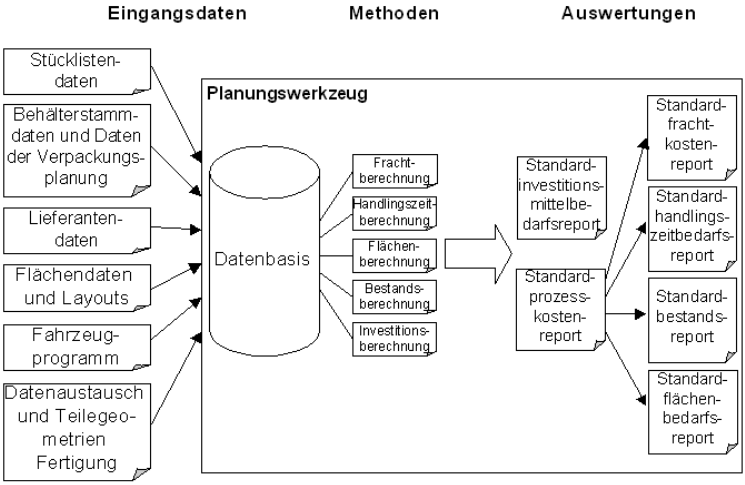

Abbildung 2.3: Schematische Abbildung des Soll-Logistikplanungsprozesses mit einer durchgängigen softwaretechnischen Unterstützung

In einem zu entwickelnden Soll-Planungsablauf mit Softwareunterstützung muss zunächst die *Datenversorgung* der Logistikplaner verbessert werden. Die Planer sollen alle notwendigen Daten für ihre Planungen in einem System weitestgehend automatisiert zur Verfügung gestellt bekommen. Alle Logistikplaner arbeiten somit auf einer einheitlichen und vergleichbaren Datengrundlage.

Es steht ein vordefiniertes Set an *Planungsmethoden* zur Verfügung. Eine Kostenbewertung muss auch in der Logistik auf Basis zukunftsbezogener, analytischer Verfahren stattfinden, wie dies bereits aus der Produktion für die Bewertung von Montageprozessen und Arbeitsplätzen bekannt ist.[23] Als Basis für die logistischen Bewertungen müssen die zentralen Kostentreiber identifiziert und ein standardisiertes, betriebswirtschaftlich fundiertes Kalkulationskonzept entwickelt werden.

Auf diesen Planungsdaten kann ein zentrales, standardisiertes *Berichtswesen* aufgesetzt werden, das konsistente und vergleichbare Auswertungen und Analysen ermöglicht.

[23] vgl. Däumler/Grabe (2004), S. 252

Auslöser	Signale/ Daten-konstellationen	Kalender-termine	Benutzer-wunsch	Entscheidungs-bedarf	
Adressatenzahl	Einzelperson		Gruppen		
Adressatenhierarchie	Untere Führungs-ebenen/Planer	Mittlere Führungsebenen	Obere Führungsebenen		
Benutzermodell	Nicht vorhanden		Vorhanden		
Informationsherkunft	Interne Quellen		Externe Quellen		
Informationsart	Quantitative Informationen		Qualitative Informationen		
Präsentationsform	Meldungen	Tabellen	Grafiken	Variable Berichte	Expertisen
Abfragemodus	Standard-Abfrage		Freie Abfragen		
Informationsdistribution	Pull-Verfahren		Push- Verfahren		
Dialogsteuerung	Rein benutzer-gesteuert	Kritiksysteme, adaptive Dialoge	Lotsensysteme	Rein system-gesteuert	
Entscheidungsmodell	Nicht vorhanden	Entscheidungs-modell mit statistischen Methoden	Entscheidungs-modell mit Operations-Research-Methoden	Entscheidungs-modell mit Methoden der Künstlichen Intelligenz	
Simulation	Nicht simulativ	What-if-Rechnungen	How-to-achieve-Rechnungen		
Phase im Lösungsprozess	Symptom-erkennung	Diagnose	Therapie	Prognose	Kontrolle

Abbildung 2.4: Beschreibung des zu erstellenden Planungswerkzeugs mit Hilfe eines morphologischen Kastens (in Anlehnung an Mertens/Griese (2000), S. 2-11)

Moderne EDV-basierte Technologien ermöglichen daten- und rechenintensive betriebswirtschaftliche Planungsverfahren, die ohne diesen Technikeinsatz unmöglich oder unwirtschaftlich wären.[24] Die Logistikplanung soll „bottom-up“, (Teil-für-Teil) vorgenommen werden. Um dies für alle Bauteile, nicht nur für die wichtigsten, vornehmen zu können, müssen geeignete Planungsabläufe, vordefinierte Planungsbausteine und intelligente Automatisierungskonzepte entwickelt und eingesetzt werden.

Um das erforderliche Planungswerkzeug grob beschreiben zu können, erfolgt eine Orientierung an dem von Mertens und Griese vorgeschlagenen morphologischen Kasten, der eine Merkmalssammlung von Informationssystemen enthält.

Der in Abbildung 2.4 dargestellte morphologische Kasten für das Planungswerkzeug der taktischen Logistikplanung vor SOP wird im Folgenden nur insoweit erläutert, als die Einträge nicht selbsterklärend sind.

Den Auslöser, der die Nutzung des Systems anstößt, stellt ein Benutzerwunsch oder ein Entscheidungsbedarf dar. Das Planungswerkzeug soll sowohl einzelne Personen, als auch rollenübergreifend zusammenarbeitende Gruppen unterstützen. Die Personen, die mit dem System arbeiten sollen, sind der Sachbearbeiterebene und der unteren Führungsebene zuzuordnen.

[24] vgl. Scheer (1990), S. 2-3

Ein Benutzermodell soll helfen, das EDV-System besonders gut dem Benutzerverhalten und dessen Informationsbedarf anzupassen. Da dem relativ hohen Stand der Theorie in der Praxis noch kaum praktikable Konzepte gegenüberstehen, wird hier auf ein Benutzermodell verzichtet.[25]

Es sollen hauptsächlich interne, quantitative Informationen gehandhabt werden. Als Präsentationsform gegenüber dem Anwender bieten sich Tabellen und Grafiken an.

Auf der Datenbasis müssen sowohl zentral vordefinierte Standardabfragen, beispielsweise zu den Flächen- und Handlingszeitbedarfen, als auch individuelle, frei durch den Anwender konfigurierbare Abfragen möglich sein.

Zur Informationsdistribution wird das Pull-Verfahren genutzt. Der Anwender muss aktiv Informationen nachfragen und wird nicht automatisch benachrichtigt. Die Steuerung des Systems liegt beim Benutzer. Das Planungswerkzeug soll ein Entscheidungsmodell in Form des in Kapitel 4.4 zu entwickelnden Kalkulationsschemas enthalten. Mit Hilfe dieses Kalkulationsschemas können Wenn-dann-Analysen erstellt werden. Eine beispielhafte Frage wäre: „Wie viel Lagerfläche kann eingespart werden, wenn die Lagerreichweite um einen Tag reduziert wird?“[26]

Die letzte Kategorisierung betrifft die Phase im Problemlösungsprozess. Hier orientieren sich Mertens und Griese an der Medizin.[27] Durch ein standardisiertes Berichtswesen soll das Planungswerkzeug dabei helfen, Symptome oder eventuellen Handlungsbedarf zu erkennen. Durch das Kalkulationsschema und die veränderbaren logistischen Parameter wird die Problemdiagnose und die Therapie, also die Suche nach Lösungsalternativen unterstützt. Für die jeweiligen Lösungsalternativen soll eine Prognose in Form einer Logistikkostenermittlung unterstützt werden.

2.2 Forschungsfragen der Arbeit im Bereich der Logistikplanung vor SOP

Daher sollen im Rahmen dieser Arbeit folgende Forschungsfragen untersucht und beantwortet werden:

1. Warum muss der Prozess der Logistikplanung rationalisiert werden?

[25] vgl. Mertens/Griese (2000), S. 4
[26] Zu weiteren beispielhaften Fragestellungen sei auf Kapitel 4.5.2 verwiesen.
[27] vgl. Mertens/Griese (2000), S. 6-7

2. Wie kann die „taktische Logistikplanung vor SOP“ abgegrenzt und definiert werden?

3. Wie sieht das Geschäftsprozessreferenzmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ aus?

   a) Was sind die Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“?

   b) Wie können die Logistikkosten vor SOP geplant werden?

   c) Welche Daten werden für eine Logistikplanung vor SOP benötigt?

   d) Wie sieht ein Soll-Planungsverfahren für den Anwendungsbereich aus?

4. Welchen Anforderungen muss ein Planungswerkzeug zur Unterstützung der Logistikplanung vor SOP genügen?

Zunächst gilt es zu klären, warum es notwendig erscheint, den Logistikplanungsprozess zu *rationalisieren* und welche Strategien und Wege es der Logistik ermöglichen, den aktuellen Herausforderungen und der Forderung einer nachhaltigen Senkung der Logistikkosten nachzukommen. Einen wichtigen Aspekt stellt dazu die detailliertere und früher im Produktentwicklungsprozess einsetzende Planungstätigkeit auch in der Logistik dar.

Um die Phase der *taktischen Logistikplanung vor SOP* abgrenzen und definieren zu können, muss der Logistikplanungsprozess in zeitliche Phasen unterteilt werden. Worin unterscheidet sich diese Phase von der in der Literatur weitgehend beschriebenen Phase der Serienplanung und von den ebenfalls besser untersuchten Phasen des Anlaufmanagements und der Standortentscheidung?

Im Rahmen der strategischen *Geschäftsprozessanalyse* muss untersucht werden, welche Aufgaben von den Logistikplanungsabteilungen zu erfüllen sind.

Des Weiteren wird ein *analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell* zur Prognose der Logistikkosten benötigt. Hierzu ist zu klären, welche *Daten* für eine Logistikplanung vor SOP benötigt werden, um fundierte Entscheidungen treffen zu können.

Es gilt einen *Soll-Planungsablauf* zu entwickeln, der die rollenübergreifend notwendigen Planungsschritte in eine zeitliche Reihenfolge bringt und eine Anwendung des Kostenplanungsmodells ermöglicht.

Wirtschaftlich sinnvoll lässt sich ein rechen- und datenintensives Planungsverfahren häufig nur mit Software-Unterstützung einsetzen. Somit sind *Anforderungen* an eine Softwaretechnische Unterstützung der taktischen Logistikplanung vor SOP zu ermitteln.

2.3 Überblick über das methodische Vorgehen und den Aufbau der Arbeit

Um die Forschungsfragen beantworten zu können, wird das im Folgenden grob beschriebene Vorgehen angewendet. Die Vorgehensschritte und angewendeten Methoden werden dann jeweils am Anfang der relevanten Teilkapitel nochmals detailliert dargestellt.

Um die Anforderungen an ein Planungswerkzeug strukturiert darzustellen, wird im Allgemeinen ein Lastenheft erstellt. Ein Lastenheft gibt einen Überblick über ein zu erstellendes Softwaresystem.

- Ein Lastenheft enthält eine *Problembeschreibung* und stellt die Schwachstellen des gegenwärtigen Ist-Zustandes dar. Anschließend wird die *Zielsetzung der Softwareentwicklung* skizziert.

- Im nächsten Schritt wird der Anwendungsbereich charakterisiert. Es müssen alle Faktoren beschrieben werden, die sich auf die fachliche Gestaltung des Anwendungssystems auswirken. Dies geschieht vor allem in Form von Geschäftsprozessen, die die Aufgaben und die Ablauforganisation aufzeigen. Die Aufgabenträger und Verrichtungsobjekte werden als Geschäftsobjekte bezeichnet und müssen ebenfalls erkennbar sein.

- Das technische Umfeld der Anwendung wird im Rahmen dieser Arbeit nicht beschrieben, da dies für die Softwareentwicklung kein wesentlicher Bestandteil ist oder als Rahmenbedingung gesehen wird.

- Es folgt eine strukturierte Auflistung aller wesentlichen Produktanforderungen. Diese werden zunächst in Form von Übersichtstabellen strukturiert dargestellt und es wird auf existierende Anwendungsfälle verwiesen. Im Anschluss werden die einzelnen Anforderungen beschrieben.

In einem Lastenheft werden die Hauptanforderungen an ein Anwendungssystem beschrieben. Unter einer *Anforderung* wird eine Aussage über eine zu erfüllende Eigenschaft oder eine zu erbringende Leistung des Planungswerkzeugs verstanden.[28] Anforderungen bilden eine wichtige Wissensquelle für ein Unternehmen und beschreiben am deutlichsten die Intention und die Essenz eines Anwendungssystems.[29]

[28] vgl. Rupp (2001), S. 10
[29] vgl. Schienmann (2002), S. 25

Eine detaillierte Liste aller Anforderungen mit Ausnahmen und Prozessvarianten ist erst Gegenstand des Pflichtenheftes. Im Gegensatz zum Lastenheft liegt der Fokus im *Pflichtenheft* nicht mehr auf dem Anwendungsbereich, sondern auf der präzisen Darstellung der Systemeigenschaften, die umzusetzen sind. Die Anforderungen aus dem Lastenheft werden detailliert spezifiziert und modelliert. Es werden alle Informationsobjekte mit Hilfe von Klassenmodellen dargestellt. Alle Anwendungsfälle werden nach einem differenzierten Beschreibungsmuster vollständig mit allen Varianten und Ausnahmen spezifiziert.[30] Diese Aufgaben sind Teil der Softwaredesign oder -entwurfsphase und werden *nicht* mehr als Teil dieser Arbeit behandelt.

Die Strukturierung und die Inhalte dieser Arbeit orientieren sich an den Inhalten und dem Aufbau eines Lastenheftes.

2.3.1 Abgrenzung des Forschungsbereiches der Arbeit

Ein *Lebenszyklusmodell* beschreibt als Referenzmodell die Stadien der Entwicklung eines Informationssystems.[31] Die betriebswirtschaftlichen Konstrukte müssen schrittweise in Konstrukte der Informationstechnik umgesetzt werden.[32] Zur Abgrenzung des Forschungsbereiches dieser Arbeit erfolgt eine Orientierung an einem klassischen Softwarelebenszyklusmodell, dem V-Modell.[33]

Zunächst muss in der Phase der Anforderungsdefinition die Aufgabe grob analysiert und die Anforderungen an die zu erstellende Software aufgenommen werden. In der Phase der Systemanalyse muss die Frage nach dem „Was?“ beantwortet werden: Welche Aufgaben soll die Software übernehmen, welche Daten werden benötigt und welche Funktionalitäten sind notwendig? Die Frage nach dem „Wie?“ wird in der Phase des Entwurfs geklärt. Hier geht es darum, ein System zu konstruieren, das die geforderten Funktionalitäten aus der Analysephase erfüllt. Während der Phase der Implementierung wird der Entwurf des Systems in einer Programmiersprache umgesetzt.[34]

Eines der größten Probleme bei der Softwareerstellung und ein inhärentes Problem bei der Bewältigung einer derart komplexen Aufgabenstellung stellt die Systemanalyse und die Erfassung der daraus abgeleiteten Anforderungen an eine Planungssoftware dar.[35]

[30] vgl. Schienmann (2002), S. 145-151 und S. 228
[31] vgl. Forbrig/Kerner (2004), S. 29
[32] vgl. Scheer (1998a), S. 33
[33] Ein ähnliches Lebenszyklusmodell, das Phasenmodell, findet sich auch bei Scheer (vgl. Scheer (1998a), S. 38-43).
[34] vgl. Forbrig/Kerner (2004), S. 30-33
[35] vgl. Balzert (2005), S. 9

Daher wird im Rahmen dieser Arbeit die Betrachtung auf die Phase der Systemanalyse eingeschränkt.

Das Ergebnis der Systemanalyse ist nicht das Resultat formaler oder mathematischer Überlegungen, sondern eines umfangreichen, möglichst alle Aspekte beleuchtenden Lernprozesses. Die eingehende Analyse der Aufgaben und Prozesse im Anwendungsbereich bildet die Grundlage für das *fachliche Geschäftsprozessmodell*. Die Aufgaben müssen inhaltlich vollständig verstanden worden sein. Die Anforderungen an ein zu erstellendes Softwarewerkzeug lassen sich meist nicht vorab abschließend beschreiben. Vielmehr werden die Anforderungen schrittweise für einzelne Teilprojekte in interdisziplinärer Zusammenarbeit erhoben und auf Basis von Prototypen oder bereits im produktiven Einsatz befindlichen Modulen der Planungssoftware im Lauf mehrerer Jahre fortentwickelt. [36]

2.3.2 Bestandteile eines Geschäftsprozessreferenzmodells

Was der Kunde wirklich benötigt, kann nur aus dem geschäftlichen Kontext abgeleitet werden. Die *richtigen* Anforderungen können nur definiert werden, wenn der *Geschäftsprozess* des Anwendungsbereichs bekannt ist und verstanden wurde. Es müssen also zunächst unter Nutzung der Konzepte des Business Engineering die Geschäftsprozesse der Logistikplanung vor SOP erfasst und gestaltet werden.

Das Ziel des *Business Engineering* ist die strukturierte Gestaltung der Geschäftsprozesse, um neue Herausforderungen schnell und erfolgreich bewältigen zu können. Das Software Engineering hat die Aufgabe, Anwendungen strukturiert zu gestalten. Da die Veränderung von Geschäftsprozessen meist die Anpassung und Weiterentwicklung unterstützender Informationstechnologie zur Folge hat, bildet das Anforderungsmanagement eine Brücke zwischen diesen beiden Bereichen, wie dies auch die Abbildung 2.5 darstellt. Anschließend können aus den Geschäftsprozessen die Anforderungen an ein Anwendungssystem systematisch abgeleitet werden.[37]

Den logischen Ablauf von Aufgaben zu beschreiben, wie dies in Kapitel 3 geschieht, ist wichtig, um den Anwendungsbereich zu verstehen. Dies allein ist aber nicht ausreichend für eine vollständige Beschreibung der Geschäftsprozesse der taktischen Logistikplanung vor SOP. Hierzu ist ein strukturierter, methodischer Ansatz nötig.

[36] Ein iteratives Vorgehen zur Erfassung der Anforderungen in komplexen Softwareentwicklungsprojekten wird auch in der Literatur vorgeschlagen, z.B. in Forbrig/Kerner (2004), S. 44 und S. 52-53 und auch in Arnold et al. (2005), S. 16.

[37] vgl. Schienmann (2002), S. 305

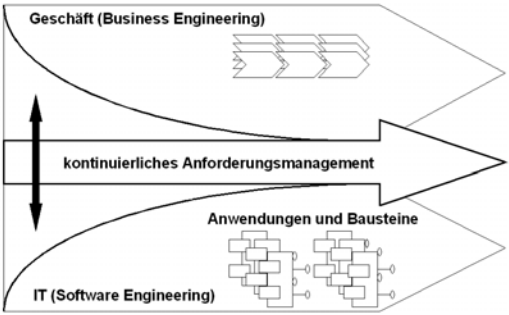

Abbildung 2.5: Anforderungsmanagement als Brücke zwischen Business Engineering und Software Engineering (vgl. Schienmann (2002), S. 311)

Der Begriff der *Methode „[...] beschreibt eine systematische Vorgehensweise zur Erreichung eines bestimmten Ziels (griech. methodos). In der Softwaretechnik wird der Begriff* ***Methode*** *jedoch auch als Oberbegriff von Konzepten, Notation und methodischer Vorgehensweise verstanden [...].“*[38]

Wichtig ist hierbei, dass methodische Vorgehensweisen auf praktischen Erfahrungen beruhen und keine Naturgesetze darstellen, denen unter allen Umständen gefolgt werden muss. Diese Vorgehensweisen dienen lediglich als Hilfsmittel und Orientierung für die Erstellung der Arbeit. Oder mit den Worten von Balzert ausgedrückt: *„[F]ollow the spirit, not the letter of a method [...].“*[39]

Scheer zufolge ist es die Aufgabe von Unternehmen, Sach- und Dienstleistungen zu erstellen. Dies geschieht in Form von *Geschäftsprozessen*. Unter einem *Geschäftsprozess* wird allgemein *„[...] eine zusammengehörige Abfolge von Unternehmungsverrichtungen zum Zweck einer Leistungserstellung[.]“*[40] verstanden. Der Gegenstand betriebswirtschaftlicher Betrachtungen sind Geschäftsprozesse, im Rahmen dieser Arbeit hauptsächlich die *Planungsprozesse der Logistik*. Die *„Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS)“* ist ein umfassendes Konzept zur integrierten Dokumentation von Geschäftsprozessen und beinhaltet verschiedene Modellierungsmethoden.[41]

[38] Balzert (2005), S. 6
[39] Balzert (2005), S. 137
[40] vgl. Scheer (1998a), S. 3
[41] vgl. Scheer (2001), S. 1

Die Geschäftsprozesse der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ werden in Form eines *Geschäftsprozessreferenzmodells* dokumentiert.

Ein *Modell* ist eine vereinfachende Abbildung eines Ausschnitts der Wirklichkeit. Trotz der Vereinfachung wird eine Strukturähnlichkeit zwischen Abbildung und Wirklichkeit gefordert.[42] Ein *Prozessmodell* bildet primär einen Prozess ab.[43] Um ein *Referenzmodell* handelt es sich, wenn das Modell potenziell oder faktisch zur Wiederverwendung geeignet ist.[44] Schütte zufolge handelt es sich bei einem Referenzmodell um eine Empfehlung, die als Bezugspunkt für die Gestaltung von Informationssystemen dient. Es besteht aus Regeln und Vorschriften, die die Systemgestaltung vereinheitlichen und festlegende Aussagen oder Empfehlungen, wie eine Software gestaltet werden sollte, enthält. Neben deskriptiven Aussagen enthält ein Referenzmodell auch präskriptive Aussagen, also etwa wie idealerweise geplant werden sollte.[45] Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Geschäftsprozessmodell kann wiederverwendet werden und als Referenzmodell für die planerischen Aufgaben vor SOP im Bereich der Beschaffungslogistik der Automobilindustrie dienen.

Die Elemente eines Geschäftsprozessreferenzmodells sind:[46]

- Betriebswirtschaftliche Problembeschreibung
- Strategische Geschäftsprozessanalyse auf der Ebene eines Geschäftsmodells
- Beschreibung der Geschäftsprozesse (Steuerungssicht)
- Beschreibung der Funktionen (Funktionssicht)
- Beschreibung der Rollen und der Organisation (Organisationssicht)
- Beschreibung des Datenmodells (Datensicht)
- Beschreibung der durch den Anwendungsbereich erbrachten Leistungen (Leistungssicht)

Die Elemente des Geschäftsprozessreferenzmodells werden in Abbildung 2.6 nochmals im Überblick dargestellt. An diesen Elementen orientiert sich auch der Aufbau der Arbeit.

Software kann als ein *implementiertes Referenzmodell* angesehen werden.[47]

[42] vgl. Heinrich/Roithmayr (1998), S. 359
[43] vgl. Heinrich/Roithmayr (1998), S. 434
[44] vgl. Brocke (2003), S. 269-312
[45] vgl. Schütte (1998), S. 69ff. und Hoerster (1992), S. 231-234
[46] vgl. Schienmann (2002), S. 313
[47] vgl. Fettke/Loos (2004), S. 336

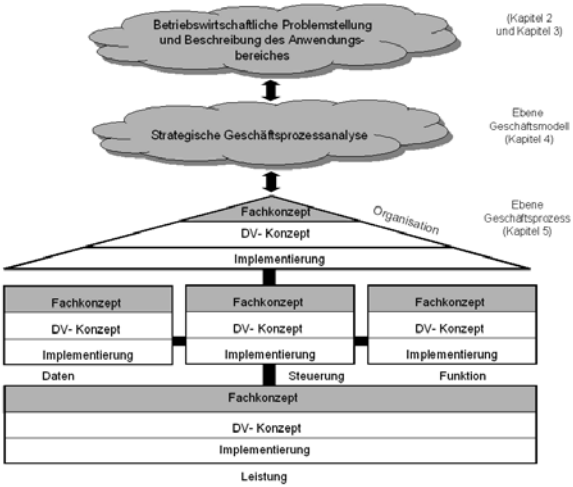

Abbildung 2.6: Ebenen und Sichten des ARIS-Konzepts zur Erstellung von Geschäftsprozessmodellen (in Anlehnung an Scheer (2001), S. 1)

Auf Basis des Geschäftsprozessreferenzmodells wurde eine Planungssoftware für den Bereich der taktischen Logistikplanung vor SOP umgesetzt und das Modell enthält Aussagen, wie unter Einsatz dieser Software in der Logistik vor SOP geplant werden sollte.

2.3.3 Aufbau der Arbeit

Ausgangspunkt der Systementwicklung ist das *betriebswirtschaftliche Problem* (vgl. Kapitel 2.1). Es erfolgt zunächst eine Beschreibung der Aufgaben im Bereich der Logistikplanung vor SOP im Kapitel 3.

Auf der Ebene des *Geschäftmodells* werden die strategischen und betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Systemgestaltung festgehalten (vgl. Kapitel 4). Die Darstellung der Inhalte dieser Ebenen erfolgt in natürlicher Sprache und ist sehr nah an das spezifische Vokabular der Fachwelt angelehnt. Dies stellt jedoch keine ausreichende Basis für eine formalisierte Umsetzung des zu erstellenden Softwaresystems dar.

Auf einer detaillierteren Ebene werden dann die zur Umsetzung dieses Geschäftsmodells notwendigen *(Soll-)Geschäftsprozesse* unter Nutzung der umfassenden Methodik zur Geschäftsprozessmodellierung von ARIS auf der Fachkonzeptebene dokumentiert.[48] In einem *Fachkonzept* wird das zu unterstützende betriebswirtschaftliche Anwendungskonzept

[48] vgl. Scheer (2001), S. 1-4

in einer soweit formalisierten Sprache beschrieben, dass es Ausgangspunkt für die Softwareentwicklung sein kann (vgl. Kapitel 5). Doch auch das Fachkonzept ist sehr eng mit der betriebswirtschaftlichen Problemstellung verbunden.[49]

Anschließend können im Kapitel 6 aus den Geschäftsprozessen Anwendungsfälle und die Anforderungen an ein Anwendungssystem systematisch abgeleitet werden. Das Anforderungsmanagement bildet die Brücke zum Software Engineerung und unterstützt die strukturierte Gestaltung der Software.[50]

2.4 Ableitung des Forschungsbedarfs im Bereich der Logistikplanung vor SOP

Trotz der deutlich erkennbaren Notwendigkeit, auch aus Sicht der Logistik bereits in frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses zur nachhaltigen Senkung der Logistikkosten Einfluss auf die Produktentwicklung und die Prozessgestaltung zu nehmen, wird die Behandlung der Logistikplanung vor SOP in der Forschung sowie die praktische Unterstützung durch Planungsinstrumente der Erfolgsrelevanz dieses Bereiches nicht gerecht. In den folgenden Kapiteln wird der Stand der aktuellen Literatur mit Bezug zu den in Kapitel 2.2 gestellten Forschungsfragen analysiert. Es wird gezeigt, dass zu diesen Fragen eine Lücke in der Literatur besteht und dringender Forschungsbedarf abgeleitet werden kann.

2.4.1 Der Begriff der Logistikplanung in der Literatur

Zur Klärung der Forschungsfragen muss zunächst der Begriff der taktischen Logistikplanung vor SOP abgegrenzt und definiert werden. Die Logistikplanung vor SOP wird in der Literatur nur am Rande und oberflächlich behandelt. Der Schwerpunkt der Ausführungen liegt auf der Planung „nach SOP“. Auch die Logistik- und Supply-Chain-Management-Literatur legt den Schwerpunkt auf die Planungen nach SOP. Es wird nur allgemeiner von „Logistikplanung“ gesprochen.[51]

Dem „Handwörterbuch der Planung“[52] zufolge bezieht sich die *Logistikplanung* auf die Handhabung der aus Arbeitsteiligkeit, Dislozierung und Zeitmustern resultierenden Überbrückungsbedarfe der Wirtschaft. Zu den Fragen der langfristigen strategischen Logistik-

[49] vgl. Scheer (1998b), S. 14-15
[50] vgl. Schienmann (2002), S. 305
[51] vgl. Klaus (2002), Klaus (1998), Klaus (1993), Göpfert (1999), Pfohl (2000) und Fleischmann (2002)
[52] vgl. Szyperski (1989), S. 984-985

systemgestaltung wird lediglich auf die „Standortplanung“ und die „Stadt- und Regionalplanung“ verwiesen. Die weiteren Ausführungen zur Logistikplanung werden auf den Bereich der Transport-, Touren- und der Bestandsplanung beschränkt.

Ehrmann beispielsweise unterscheidet zwischen der strategischen und der operativen Logistikplanung. Die strategische Logistikplanung soll Strategien für bestimmte Geschäftsfelder festlegen und Erfolgspotenziale nutzen helfen. Hierzu werden Instrumente wie die Stärken-/Schwächen-, Portfolio- oder Kennzahlenanalysen vorgeschlagen. Bei der operativen Planung handelt es sich um eine detaillierte Planung, die die strategische Planung konkretisiert und umsetzt.[53] Auch hier wird nicht auf Fragen der logistischen Systemgestaltung eingegangen. Es wird nicht klar, wie die verschiedenen logistischen Planungsphasen abgegrenzt werden sollen und welche Aufgaben in der Logistik vor SOP anfallen.

Einen Ansatz zur Abgrenzung des Begriffs der Logistikplanung bietet das Fließsystemmodell von Klaus. Gemäß der Idee *„Logistik als Management von Fließsystemen“*[54] zu verstehen, kann ein Logistiksystem als ein Netz aus Knoten und Kanten dargestellt werden. Die Knoten interagieren untereinander und geben den Kanten, also den Verbindungen, neuen Inhalt. Logistik wird als *„[...] ein spezieller Führungsansatz zur Entwicklung, Gestaltung, Lenkung und Realisation effektiver und effizienter Flüsse von Objekten (Güter, Informationen, Personen) in unternehmensweiten und -übergreifenden Wertschöpfungssystemen[.]“*[55] verstanden.

Somit lässt sich das Wirtschaftsgeschehen in die folgenden drei Ebenen zerlegen:[56]

- Ebene des Flussobjekts (Material, Informationen, Geld etc.)
- Ebene des Objektflusses (Transport- und Transformationsprozess)
- Ebene des Fließsystems (Netzwerk aus Knoten und Kanten)

Unter *Flussobjekten* werden allgemein Objekte verstanden, die durch das Fließsystem fließen und entweder selbst transformiert werden oder zu einer Transformation beitragen. Dies können physische Güter, Informationen, Dienstleistungen oder auch Finanzen sein. Im Fall der Automobilindustrie sind dies meist Bauteile für ein Fahrzeug, welche in Form einer Stückliste vorliegen. Während das *Fließsystem* alle grundsätzlich möglichen Verbindungen, Abläufe und Ressourcen enthält, wird durch einen konkreten Objektfluss

[53] vgl. Ehrmann (2003), S. 73, S. 86ff. und S. 128ff.
[54] Klaus (1993), S. 30
[55] Göpfert (1999), S. 54
[56] vgl. Rössle (1999), S. 25-28

nur ein Teil dieser Verbindungen und Ressourcen „genutzt“. Die Struktur des Fließsystems ist langfristiger und strategischer Natur. Eine Logistikkette (Supply Chain) als konkreter Ablauf zur Erfüllung eines Auftrags findet auf der Ebene des Objektflusses statt. Der Auslöser eines Objektflusses ist ein *Auftrag*. Der *Objektfluss* gibt Auskunft über die Wirtschaftssubjekte, die an einer Logistikkette bzw. der Erfüllung eines Auftrags beteiligt sind, über die Verbindungen (Transportwege, Informationswege etc.), die genutzten Ressourcen (Flächen, Flurförderzeuge, Behälter etc.) und die zu durchlaufenden Prozessschritte, die zur Erfüllung des Auftrags notwendig sind.

Klaus nennt als eine wichtige Aufgabe der Logistik die *„Erstkonfiguration des Fließsystems“*, geht bei den weiteren Ausführungen aber nur auf die kontinuierliche Verbesserung bestehender Logistiksysteme *nach SOP* ein.[57] In einem weiteren Beitrag wird dargestellt, dass vor einem störungsfreien Ablauf der Prozessketten in einem Unternehmen sogenannte *„Geschäftsbereitschaftsprozesse“* vorgeschaltet werden müssen, um Betriebsmittel, Fertigungs- und Logistikeinrichtungen zu planen, zu beschaffen und in einen betriebsbereiten Zustand zu versetzen.[58] Näher wird jedoch nicht auf diese Prozesse eingegangen.

Straube unterteilt die Aufgabenfelder der Logistik in eine strategische, eine taktische und eine operative Ebene.[59]

Aufgabe der *operativen Ebene* ist die Realisierung der logistischen Leistung.[60] Dies umfasst die Abwicklung von Kundenaufträgen, den Abruf von Materialien, die Ausführung von Transport- und Lagerprozessen und das dynamische Flächenmanagement. Im Sinne der Fließsystemperspektive bedeutet dies auf der Ebene der Flussobjekte die Objekte, die zur Erfüllung eines konkreten Auftrags benötigt werden, zu planen und die Objektflüsse physisch auszuführen. Scheer bezeichnet diese Ebene als *Steuerung*.[61]

Auf der *taktischen Ebene* sind die Bedarfsplanung und die Disposition wesentliche Funktionsumfänge.[62] Dies sind Scheer zufolge Aufgaben zur *Planung* des Logistiksystems. Somit wird auf der Ebene des Objektflusses die Lieferkette (Supply Chain), also welche Netzwerkpartner an der Erfüllung eines *konkreten Auftrags* beteiligt sind, festgelegt. Zur Auftragserfüllung stehen die vorhandenen Ressourcen und Referenzprozesse zur Verfügung. Hier spielen Kapazitäten von Produktion, Transport und Lagerung eine Rolle. Diese

[57] vgl. Klaus (2002), S. 98
[58] vgl. Klaus (2002), S. 108-109
[59] vgl. Straube (2004), S. 59-66
[60] vgl. Straube (2004), S. 64-65
[61] vgl. Scheer (2001), S. 9
[62] vgl. Straube (2004), S. 62

Aufgaben und die zu einer Unterstützung notwendigen Instrumente und Softwarewerkzeuge finden sich vielfach in der Literatur beschrieben.

Auf der *langfristig strategischen Ebene* werden als Aufgaben der Logistik die Netzwerkdefinition, also die *Gestaltung* der Produktions- und Lieferantenstrukturen, die Festlegung der Werksstrukturen und Standorte und die Bestimmung der Fertigungstiefe genannt. Die Logistik soll optimal gestaltet werden.[63]

Auch bei Straube zeichnen sich die operative und die taktische Ebene durch den Auftragsbezug aus, während die langfristig strategische Ebene einer auftragsunabhängigen Netzwerkdefinition dient.

Dangelmaier definiert die *Fertigungsplanung* als die Planung aller *„[...] einmalig zu treffenden Maßnahmen bezüglich der Gestaltung eines Fertigungssystems und der darin stattfindenden Fertigungsprozesse.“*[64] Eine ähnliche Definition für die Logistikplanung findet sich jedoch nicht.

Ein wichtiges Kriterium in dieser Definition bildet die „Einmaligkeit“ der zu treffenden Maßnahmen. Es wird zwischen der Aufgabe der einmaligen Arbeitsplatzgestaltung im Rahmen der Fertigungsprozessplanung und der mit jedem Kundenauftrag immer wiederkehrenden Aufgabe der Arbeitsplanung für jeden Arbeitsplatz unterschieden. Dieses Abgrenzungskriterium kann für eine Defintion der Logistikplanung vor SOP übernommen werden.

Aus der Untersuchung des Begriffs der Logistikplanung in der Literatur wird erkennbar, dass auch in der Logistik durchaus Aktivitäten vor SOP stattfinden, die zur Vorbereitung der kundenauftragsbezogenen Produktions- und Logistikprozesse notwendig sind. Diese werden von mehreren Autoren erwähnt. Allerdings existiert keine klare Abgrenzung oder Definition des Bereiches der „taktischen Logistikplanung vor SOP“.

Die Tätigkeiten der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ finden auf der langfristig strategischen Ebene der Netzwerkdefinition statt. Klaus bezeichnet dies als die Fließsystemebene. Ein Kriterium zur Abgrenzung der Planungstätigkeiten vor und nach SOP stellt der Auftragsbezug der Planungstätigkeiten dar. Die Planungstätigkeiten vor SOP sind *auftragsunabhängig*. Ein weiteres Abgrenzungskriterium bildet die Einmaligkeit der zur Systemgestaltung zu treffenden Maßnahmen im Unterschied zu den mit dem Kundenauftrag immer wiederkehrenden Maßnahmen.

[63] vgl. Straube (2004), S. 60-61
[64] Dangelmaier (2001), S. 5

Dies bildet in Kapitel 3.3 eine wichtige Grundlage für die Definition des Begriffs der „taktischen Logistikplanung vor SOP“.

2.4.2 Methodische Unterstützung und Planungsverfahren in der Logistik

Nachdem bisher ausgeführt wurde, dass der Begriff der Logistikplanung vor SOP in der Literatur bisher nicht exakt beschrieben ist, wird im Folgenden gezeigt, dass auch bezüglich der methodischen Unterstützung weiterer Forschungsbedarf besteht. Beschreibungen auf einer detaillierten Ebene, die sich mit den Fragen der dringend erforderlichen instrumentalen Unterstützung vor SOP auseinander setzen, fehlen fast vollständig. Die Planungsaufgaben der Logistik vor SOP müssen durch geeignete Planungsverfahren und -methoden unterstützt werden. Das Fehlen dieser methodischen Unterstützung mag durch die historische Entwicklung des Aufgabenbereichs der Logistik erklärbar sein.

Entwicklung der Aufgaben der Logistik

In der Historie der Logistik können verschiedene Entwicklungsphasen unterschieden werden, in denen jeweils der Wirkungsbereich der Logistik erweitert wurde und neue Fragestellungen und deren methodische Bearbeitung im Mittelpunkt des Interesses standen.[65] Es lässt sich jedoch erkennen, dass die Aufgaben der Logistik in den frühen Phasen des Produktlebenszyklus bisher nur am Rande behandelt wurden. In Beiträgen, die sich mit der Entwicklung des Logistikbegriffs und dessen Forschungsgegenstand befassen, wird dieser Bedeutungswandel in drei bzw. vier Entwicklungsstufen skizziert.[66]

Logistik als Funktion Zunächst stellte die Logistik eine Funktionenlehre dar und war gekennzeichnet durch die Spezialisierung auf materialflussbezogene Dienstleistungen, wie Transportieren, Palettieren, Lagern, Verpacken und Kommissionieren. Diese Phase kennzeichnet vor allem die Entwicklung betriebswirtschaftlicher Steuerungsinstrumente zur Lösung von Transport- und Lagerproblemen.[67]

[65] vgl. Göpfert (1999), S. 55
[66] vgl. Bruns-Vietor (2004), S. 30
[67] vgl. Weber/Kummer (1998), S. 9-14

Logistik als funktionsbereichs- und unternehmensübergreifende Koordinationsfunktion Nach diesen Rationalisierungserfolgen der ersten Phase fokussierte die weitere Entwicklung der Logistik auf die Koordination von Material- und Warenflüssen und die Ausweitung der Logistik auf die gesamte Wertschöpfungskette vom Lieferanten bis zum Endkunden. Der Flussgedanke in der Logistik kommt hinzu.

Die Aufgabe der Logistik wird um Führungsaktivitäten, die ganzheitliche Koordination des Güterflusses im Leistungssystem und dispositive Planungs- und Steuerungsaktivitäten erweitert.[68] Die Ablaufsteuerungssysteme (Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme) der Objektflüsse werden in dieser zweiten Phase der Logistik zugeordnet.[69]

Logistik als Flussorientierung Die Veränderung zweier wichtiger Kontextfaktoren leitet eine weitere Entwicklungsphase in der Logistik ein. Zum einen führt eine weitere Steigerung der Intensität des Wettbewerbs zu der Anforderung an die Unternehmen, eine Differenzierung mit weiteren Kostensenkungen verbinden zu müssen. Dies führt zu einer Orientierung an der Prozesssicht und der Reduzierung der Koordination durch Pläne zugunsten einer Koordination durch Selbstabstimmung. Dies betrifft insbesondere auch die komplexen PPS-Systeme der Unternehmen. Zum Zweiten führt das durch eine Spezialisierung der Unternehmensbereiche steigende Materialfluss-Know-how zu einer Bedeutungssteigerung der Logistik. Die Mitarbeit der Logistik an der *Produktgestaltung*, der *Produkttiefenbestimmung* und eine *unternehmensübergreifende Gestaltung* des Logistiksystems werden als wettbewerbskritisch erkannt.[70] Somit werden strategische Gestaltungsaspekte in den Vordergrund gestellt.

Die vierte und (vorerst) letzte Entwicklungsphase der Logistik führt zu einer unternehmensübergreifenden Ausweitung der Flussorientierung. Interorganisationale Logistik betrachtet über den Objektfluss hinaus das Beziehungsgefüge zwischen den Wirtschaftssubjekten eines Logistiknetzwerkes zwischen denen die Objektflüsse stattfinden.[71]

Erweiterung der Logistik um eine flussorientierte Gestaltungsfunktion in frühen Phasen des Produktlebenszyklus Die historische Entwicklung der Logistik zeigt eine beständige Ausweitung der Wirkungsbereiche der Logistik. Die Logistik wurde von einer reinen Funktion um eine Koordinationsfunktion innerhalb des Unternehmens und im nächsten Schritt um eine flussorientierte unternehmensübergreifende Funktion erweitert. Diese Funktion wird nun in der vierten Entwicklungsphase unter dem Schlagwort

[68] vgl. Göpfert (1999), S. 55
[69] vgl. Weber/Kummer (1998), S. 14-20
[70] vgl. Weber/Kummer (1998), S. 21
[71] vgl. Weber (2002b), S. 9

des „Supply Chain Managements“ auf ganze Logistiknetzwerke ausgeweitet. Obwohl die Mitwirkung der Logistik bei der Produktgestaltung als wettbewerbskritisch erkannt wurde, steht die zeitlich-orientierte Ausweitung der Aufgaben der Logistik im Produktlebenszyklus bis heute kaum im Fokus der Forschung. Somit können die Potenziale der Logistikplanung vor SOP zur nachhaltigen Reduzierung der Logistikkosten durch die Beeinflussung der noch nicht strukturdeterminierten Kostenanteile während des Produktentwicklungsprozesses nicht optimal genutzt werden.

Methoden zur Planung von Logistiksystemen

Die heute existierenden und in der Literatur beschriebenen Methoden sollen nun beleuchtet werden. Es wird untersucht, ob diese für eine Unterstützung der Aufgaben der Logistik vor SOP ausreichend sind. Hierzu wird geprüft, zur Lösung welcher Art von Problemen die in der Literatur vorgeschlagenen Methoden geeignet sind. Dies wird mit den in der Phase der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ zu lösenden Problemstellungen abgeglichen (vgl. Kapitel 2.1).

Günther und Tempelmeier unterscheiden in Bezug auf die Gestaltung eines Logistiksystems zwei Entscheidungen: eine *Strukturentscheidung* und eine *Prozessentscheidung*. Diese werden sequenziell ausgeführt.

Zunächst wird im Rahmen der *„innerbetrieblichen Standortentscheidung“* eine Strukturierung der Produktionspotenziale durchgeführt.[72] Hierunter fallen folgende Aufgaben[73]:

- Zerlegung des Produktionssystems in eigenständige Subsegmente
- Räumliche Anordnung der Produktionssegmente im Rahmen der *Layoutplanung*
- Konfiguration der einzelnen Produktionssegmente aufgrund des Produktionsprogramms

Das Problem der Layoutplanung wird wie folgt beschrieben[74]:

- Es wird eine abgegrenzte Fläche betrachtet.
- Auf dieser Fläche muss eine Menge von Objekten platziert werden.
- Zwischen diesen Objekten bestehen Materialflussbeziehungen.

[72] vgl. Günther/Tempelmeier (2005), S. 247-248
[73] vgl. Günther/Tempelmeier (2005), S. 82
[74] vgl. Günther/Tempelmeier (2005), S. 85

- Die räumliche Anordnung wird mit Hilfe einer Reihe von Zielen z.B. Minimierung der Transportentfernung, der Transportkosten etc. bewertet.

Liegt die Struktur fest, gilt es in einem nächsten Schritt die Entscheidungen zu den logistischen Prozessen zu fällen. Es müssen Entscheidungen über Lagerreichweiten, Transportwege, den Einsatz von Transportmitteln sowie Entscheidungen über die Materialhandhabung und Verpackungen getroffen werden.[75]

Für die Planung der logistischen Prozesse werden verschiedene Methoden vorgeschlagen:

Lagermodelle legen für eine Entscheidung die erfolgswirtschaftlichen Bestimmungsfaktoren, vorwiegend Kosten, zu Grunde und stellen diesen den Nutzen in Form von Kosteneinsparungen gegenüber, um die Art und Höhe der optimalen Lagerhaltung zu bestimmen. Lagermodelle helfen bei der Lösung des Problems „wann“ und „wieviel“ bestellt werden soll und ob dies periodisch oder kontinuierlich erfolgen soll.[76] Dies sind jedoch Fragestellungen, die eher durch die Diposition während des Serienbetriebes zu klären sind. In den frühen Planungsphasen, mehrere Jahre vor SOP sind derartige Detailfragen noch nicht relevant. Es geht viel mehr darum beispielsweise die benötigten Lagerflächen zu bestimmen.

Während die Lagermodelle die logistische Funktion der Überbrückung *zeitlicher Differenzen* betrachtet, befassen sich die Bereiche der Transport- und Tourenplanung mit der Überbrückung *räumlicher Differenzen*.

In der Transportplanung werden die einzelnen Lieferorte zu Abnehmerzentren und einzelne Liefervorgänge zu Transportströmen zusammengefasst. *Transportmodelle* versuchen Lösungen für die optimale Überwindung von Räumen zwischen dem Ausgangsort (Quelle) und dem Zielort (Senke) zu finden. Dies findet auf Basis der zurückgelegten Wegstrecke und der Kosten statt. Diese Lösungsmethoden können auch während der Planungsphase für bestimmte Teilprobleme durchaus hilfreich sein. Allerdings wird das Teilproblem der Transportplanung meist isoliert betrachtet. Es wird nicht berücksichtigt, welche Auswirkung die Optimierung der Transporte beispielsweise auf die Lagerflächenbedarfe in einem Werk hat.

Modelle zur *Tourenplanung* dienen dazu, für einen sehr kurzfristigen Zeitraum (oftmals für einen Tag) die verschiedenen Transportvorgänge mit dem Ziel der Fahrwegsoptimierung aufeinander abzustimmen.[77]

[75] vgl. Günther/Tempelmeier (2005), S. 248
[76] vgl. Günther/Tempelmeier (2005), S. 248-253
[77] Ein Überblick über verschiedene Transport- und Tourenplanungsmodelle findet sich in Günther/Tempelmeier (2005), S. 266-279.

Weitere Beispiele für Optimierungsmethoden bilden die Warteschlangentheorie und die Netzplantechniken. Die *Warteschlangentheorie* dient der Modellierung logistischer Probleme, wenn Aufträge auf ihre Bearbeitung warten. Somit wird wiederum nur die auftragsorientierte Ebene betrachtet.

Mit Hilfe der *Netzplantechnik* werden die Aktivitäten, die Dauer und die Vorgängerbeziehungen dargestellt. Netzwerkmodelle, die die Bewegungen der Objekte in einem Fluss einzeln erfassen, dienen eher der kurzfristigen Steuerung und der zeitlichen Abstimmung einzelner Aktivitäten (z.B. Tourenplanung), nicht aber der Planung fließender Mengen in einem Logistiksystem. Ziel ist die Optimierung. Bei linearen Kosten und Erlösen ist dies mit Hilfe von Standardsoftware relativ einfach und schnell möglich.[78]

Für die Phase der *Gestaltung eines Logistiksystems* ist anzumerken, dass die beiden beschriebenen Planungsschritte keineswegs sequenziell erfolgen müssen. In der Definition der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ (vgl. Kapitel 3.3) wird explizit eine *die Struktur und die Prozesse integriert betrachtende Planung* gefordert. Gerade die hier als zweiter Planungsschritt angeführte Prozessplanung liefert die Eingangsdaten auf Basis zukünftiger Produktionsprogramme, um überhaupt Materialflüsse ableiten zu können.

Die güterwirtschaftlichen Grundfunktionen weisen erhebliche *Interdependenzen* auf, zu deren Lösung die im Vorigen beschriebenen Modelle, die isoliert für jeden Problembereich Optimallösungen festlegen, nicht geeignet sind. Vielmehr bieten sich diese zur Lösung konkret bekannter Probleme an. Voraussetzung für den Einsatz dieser mathematischen Modelle ist weiterhin die exakte Beschreibung des zu lösenden Problems.[79] Dies ist im Rahmen der komplexen, viele Variablen berücksichtigenden Logistikplanung vor SOP in der Regel nicht möglich.

Für eine Lösung der Problemstellungen der „taktischen Logistik vor SOP“ sind die beschriebenen Methoden nicht ausreichend. Dies erfordert eine Unterstützung der Logistikplanung auf einer einheitlichen Datenbasis und mit entsprechenden Methoden durch ein durchgängig einsetzbares Planungswerkzeug. Die vorgestellten Methoden betrachten nur einen relativ kleinen Ausschnitt des in Kapitel 2.1 dargestellten Problembereichs.

Die Fragestellungen an die Logistik zur Höhe der zu erwartenden Frachtkosten und der Bedarfe an Lager-, Umschlags- und Sequenzierflächen lässt sich nicht ermitteln. Auch die Ableitung von Personalbedarfen aus den logistischen Prozessen und die Höhe notwendiger Investitionen in Betriebsmittel wird durch die in der Literatur bisher vorgeschlagenen Lösungsansätze nicht unterstützt.

[78] vgl. Fleischmann (2002), S. A1-6
[79] vgl. Ballou (1999), S. 567ff.

Die Gestaltung des Logistiksystems auf einer langfristigen Ebene wird somit aufgrund der Komplexität und der Unsicherheit des Entscheidungsumfeldes aktuell nur unzureichend unterstützt.

Aktuelle Beiträge zur methodischen Unterstützung der Logistik

Auch für die Beiträge von Dangelmaier[80], Straube[81] und Bierwirth[82], auf die im Folgenden genauer eingegangen wird, gilt, dass eine detaillierte Auseinandersetzung mit den Instrumenten der Logistikplanung vor SOP ausbleibt.

Straube führt aus, dass die Logistik bereits in der Produktentstehungsphase in den Planungsprozess einzubeziehen ist, da hier ca. 80 Prozent der Kosten im Lebenszyklus eines Produkts festgelegt werden. Als weitere wichtige Aufgabe führt er das *Anlaufmanagement* an, d.h. die Fähigkeit eines Unternehmens im Anlauf eines Produkts die Logistikprozesse zeitgerecht im notwendigen Qualitätsniveau zu realisieren.[83] Die in diesen Phasen zu lösenden Probleme werden sehr genau und detailliert dargestellt. Zu den Lösungsansätzen wird jedoch sehr pauschal auf die *„Collaborationskompetenz internetbasierter Logistikplanungssysteme“*[84] verwiesen. Wie die Probleme methodisch gelöst und die Planung systemtechnisch unterstützt werden sollen, wird nicht ausreichend beschrieben.

Dangelmaier beschreibt die Logistikplanung als eine Teilaufgabe der Fertigungsplanung. Im Rahmen der Betrachtung der Planung überbetrieblicher Strukturen werden Ansätze zur Standortplanung beschrieben.[85] Bei der Planung der innerbetrieblichen Strukturen fokussiert Dangelmaier auf die Anordnungs- und Layoutplanung. Die Anordnungsplanung beginnt mit der Aufnahme der Flächenbedarfe der einzelnen Funktionsbereiche.[86] Für eine exakte Beschreibung der Logistikplanung vor SOP greifen diese Ansätze jedoch zu kurz. Zum einen werden wichtige Planungsaufgaben der Logistik, wie die Planung und Beschaffung der Behälter und die Planung der Materialflüsse von den Lieferanten bis an die Montagelinie, die sich an die Standortentscheidung anschließen bzw. teilweise parallel ablaufen, nicht beschrieben. Zum anderen wird nicht erläutert, wie die Flächenbedarfe für die logistischen Funktionsbereiche ermittelt werden. Es fehlt der *Produktbezug* einer analytischen Planung.

[80] vgl. Dangelmaier (2001)
[81] vgl. Straube (2004)
[82] vgl. Bierwirth (2004)
[83] vgl. Straube (2004), S. 250
[84] Straube (2004), S. 261
[85] vgl. Dangelmaier (2001), S. 143-246
[86] vgl. Dangelmaier (2001), S. 247-251

Wichtige Vorarbeiten zu einer Unterstützung der Aufgaben der Logistikplanung vor SOP werden durch die Arbeit von Bierwirth geleistet. Allerdings können auch auf Basis dieser Ansätze die Anforderungen an eine softwaretechnische Unterstützung des kompletten Planungsprozesses in der Logistik nicht abgedeckt werden. Die beschriebenen Ansätze befassen sich hauptsächlich mit Methoden zur Standortplanung und mit dem Zusammenspiel von Verpackungs- und Materialflussplanung.[87] Es fehlt jedoch eine durchgängige konzeptionelle Basis. Die Beschreibungen der Workflows und Methoden verbleiben auf einer zu groben und werkzeugorientierten, aus IT-Sicht geprägten Ebene. Es wird nicht erkennbar, wie der *Soll-Logistikplanungsprozess* in der Praxis aussehen soll und wie, unter der Annahme beschränkter Planungskapazitäten, die Planung eines kompletten Fahrzeugmodells ohne entsprechende Teilautomatisierungen des Planungsprozesses und die Verwendung von vorgefertigten Planungsbausteinen leistbar sein soll. Außerdem sind einige Lücken bei den integrativen Planungsaufgaben, bei der externen Logistikplanung und beim Zusammenspiel der Logistikplanung mit anderen Bereichen, wie z.B. der Montageplanung, zu bemängeln.[88]

Zusammenfassung zur methodischen Unterstützung

Auch Szyperski stellt fest, dass es für ausgewählte, isolierte logistische Fragestellungen der Bestands-, Transport- und Tourenplanung eine nahezu unüberschaubare Vielzahl von Planungsmodellen, exakten Lösungsmethoden und Näherungsverfahren gibt. Dies führt er auf die logistischen Fragestellungen zurück, die am Anfang der Entwicklung der Unternehmensforschung im Fokus standen (vgl. Kapitel 2.4.2). Allerdings führt Szyperski auch an, dass die existierenden Methoden meist nur lokale Optimierungen ermöglichen und eine aufgrund der Interdependenz logistischer Probleme notwendige, gesamtheitliche Betrachtungsweise nicht unterstützen.[89]

Für die methodische Unterstützung der Logistik vor SOP finden sich in der Literatur keine praktikablen Planungsverfahren, Kostenplanungsmodelle und anwendbare Soll-Planungsabläufe.

Zu einem ähnlichen Ergebnis führt ein Blick in die Praxis. Eine Untersuchung der Schmalenbach-Gesellschaft zeigt, dass viele Unternehmen entweder auf eine explizite Planung der Logistikprozesse vor SOP komplett verzichten oder keine adäquaten Instrumente einsetzen. Logistikplanung beginnt dann erst mit der sequenziell abgekoppelten fluss- und auftragsorientierten Serienlogistik.[90]

[87] vgl. Bierwirth (2004), S. 57-89
[88] vgl. Bierwirth (2004), S. 146-149
[89] vgl. Szyperski (1989), S. 987-988
[90] vgl. Straube (2004), S. 257

2.4.3 Logistische Informationssysteme

Scheer zufolge, sind *„[c]omputergestützte betriebswirtschaftliche Informationssysteme [...] das Vehikel, um betriebswirtschaftliche Anwendungskonzepte mit der Informationstechnik zu verbinden.“*[91] Um also daten- und rechenintensive Planungsverfahren wirtschaftlich sinnvoll einsetzen zu können, ist eine EDV-technische Unterstützung erforderlich. Auch eine Untersuchung der existierenden *Informationssysteme der Logistik* zeigt, dass die Gestaltung von Logistiksystemen und die dazu notwendigen Aufgaben der Logistikplanung vor SOP aktuell nicht ausreichend unterstützt werden können. Auch an dieser Stelle besteht weiterer Forschungsbedarf, um die zu entwickelnden Planungsverfahren und den Soll-Planungsablauf für die Logistikplanung vor SOP durch ein geeignetes softwaregestütztes Planungswerkzeug unterstützen zu können.

Betriebswirtschaftlich-planerische Informationssysteme im Y-Modell

Unter Informationssystemen werden *"[...] soziotechnische Systeme, die menschliche und maschinelle Komponenten umfassen und zum Ziel der optimalen Bereitstellung von Informationen und Kommunikation nach wirtschaftlichen Kriterien eingesetzt werden[.]"*[92] verstanden.

Mertens unterteilt die Informationssysteme allgemein in „operative Systeme“ und „Planungssysteme“. Die *operativen Systeme* rationalisieren die Massendatenverarbeitung und haben in allen Bereichen von Industriebetrieben einen Zusammenhang mit dem „Auftragsabwicklungsprozess“. *Planungssysteme* stellen eine Weiterentwicklung dar und unterstützen eher bei der Lösungsfindung in schlecht strukturierten Problembereichen.[93]

Im Bereich der operativen Systeme für den Logistik- und Produktionssektor werden die typischen Komponenten von Produktionsplanungs- und -steuerungssystemen (PPS) beschrieben, die der Fertigungsauftragsplanung und der Optimierung dienen.[94] Da die beinhalteten Systeme und Methoden weitestgehend deckungsgleich mit den Ausführungen von Scheer sind, wird zur genaueren Beschreibung der Informationssysteme auf das im Folgenden dargestellte Y-Modell von Scheer verwiesen.

Schönsleben unterscheidet für den Bereich der Logistik zwischen „Logistik-Software“ und „Software zur Prozessmodellierung und -simulation“.

[91] Scheer (1998b), S. 4
[92] WKWI (1994), S. 81
[93] vgl. Mertens (2005), S. 12-13
[94] vgl. Mertens (2005), S. 109-191

„Logistik-Software dient der Informatik-Stützung der Planung und Steuerung, d.h. der Stützung des umfassenden und integrierten Datenflusses in der administrativen Logistik sowie des Steuerungsflusses in der planerischen und dispositiven Logistik.“[95]

Der Reihenfolge der Auftragsabwicklung folgend, beschreibt Schönsleben die Informationssysteme für die Verkaufs- und Vertriebslogistik, das Lager- und Ressourcenmanagement, die Produktions-, Beschaffungs- und Personallogistik. Die Logistiksoftware, von Schönsleben mit dem Begriff PPS-Software gleichgesetzt, bezieht sich ebenfalls auf die auftragsgebundene Ebene der Planung und Steuerung. Auch an dieser Stelle sei aufgrund der inhaltlichen Deckungsgleichheit auf das Y-Modell von Scheer verwiesen.

„Software zur Prozessmodellierung und -simulation dient zur Organisations- und Prozessentwicklung und zur Dimensionierung der Logistik- und Produktionsressourcen. In beiden Fällen dient sie auch zur Bewusstseinsbildung und zur Schulung.“[96]

Diese Art Software wird eher zur Beantwortung strategischer Fragen in der Logistik und zur Analyse der Aufbau- und Ablauforganisation eingesetzt. Im Zusammenhang mit dem Business Process Reengineering entstanden verschiedene Softwareprodukte zur Modellierung und Berechnung von Prozessen. Wenn neben der Prozessdarstellung und Berechnung auch Ereignisse in der Zeitachse berücksichtigt werden können, spricht man von Simulation.[97]

Scheer stellt die verschiedenen Informationssysteme in Form des Y-Modells dar (vgl. Abbildung 2.7). Dies umfasst im linken Ast die „Auftragslogistik“, also das *betriebswirtschaftlich-planerisch orientierte Produktionsplanungs- und -steuerungssystem (PPS)*. Der rechte Ast enthält die „Leistungsgestaltung und die Produktentwicklung“, also eher technisch-industrielle Systeme.[98]

Der linke Ast des Y-Modells umfasst die durch den Auftragsfluss gesteuerten Funktionen.[99] Die Primärbedarfsplanung versucht das Beschaffungs- und Produktionsprogramm unter Beachtung von Kapazitäts-, Material-, Personal- und Finanzmittelbegrenzungen gewinnoptimal zu gestalten. Durch Simulation unterschiedlicher Produktionsprogramme soll eine befriedigende Lösung gefunden werden. Es handelt sich dabei um einen aggregierten Planungsansatz, für den verdichtete Planungsdaten notwendig sind.[100]

Auf Basis der Stücklisten aus der Primärbedarfsplanung ermittelt die Bedarfsplanung den Bedarf untergeordneter Einzelteile nach Menge und Periode. Unter Berücksichtigung der

[95] Schönsleben (2000), S. 310
[96] Schönsleben (2000), S. 310
[97] vgl. Schönsleben (2000), S. 310-311
[98] vgl. Scheer (2001), S. 10 und Scheer (1998b), S. 91-93
[99] vgl. Scheer (1998b), S. 91-92
[100] vgl. Scheer (1998b), S. 512-513

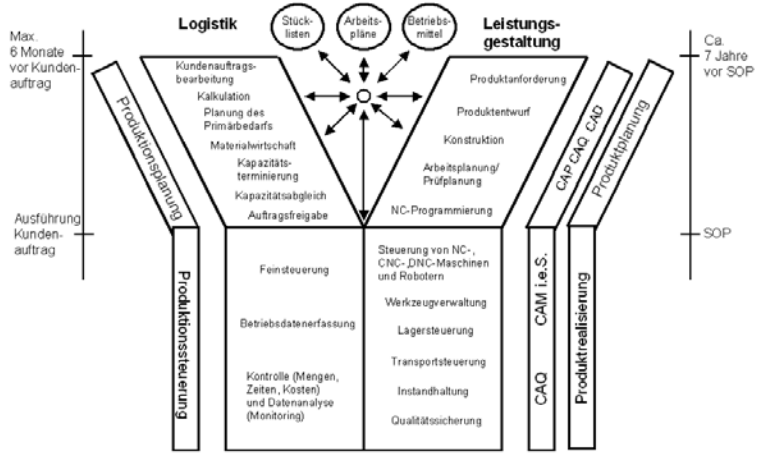

Abbildung 2.7: Y-Modell zur Darstellung der Geschäftsprozesse der Auftragslogistik und der Produktentwicklung (in Anlehnung an Scheer (2001), S. 9)

Arbeitspläne werden die Fertigungsaufträge den einzelnen Betriebsmittelgruppen durch die Zeit- und Kapazitätsplanung zugeordnet,[101] wobei die Kapazität selbst unverändert bleibt.[102] Die *Auftragsfreigabe* ist der Mittler zwischen den Ebenen der Planung und der Steuerung. Die Auftragsfreigabe legt die für eine bestimmte Periode auszuführenden Fertigungsaufträge fest.[103]

Die Feinsteuerung bestimmt die Reihenfolge der Aufträge vor den Betriebsmitteln.[104] Für die Auftragsreihenfolgebildung stehen heuristische und mathematische Methoden zur Verfügung.[105] Im Rahmen der Betriebsdatenerfassung werden Betriebsdaten der Ist-Situation im Werk gesammelt und weiterverarbeitet. Diese Daten bilden eine wichtige Basis für die Feinsteuerung[106] und als Eingangsdaten für erneute Planungszyklen.

Das Problem vorhandener Informations- und PPS-Systeme besteht zum einen darin, dass erst die Stücklisten fertig entwickelter und freigegebener Fahrzeugprojekte erfasst werden. Eine Produktkalkulation und Kostenprognose ist erst sehr spät im Planungsprozess, meist erst kurz vor SOP, möglich. Zum anderen sind die Planungsläufe in derartigen Systemen mit sehr viel Aufwand verbunden und dauern relativ lange.[107] Bereits von Scheer

[101] vgl. Scheer (1998b), S. 98-99 und S. 532
[102] vgl. Scheer (1998b), S. 210
[103] vgl. Scheer (1998b), S. 278 und S. 284
[104] vgl. Scheer (1998b), S. 99
[105] vgl. Scheer (1998b), S. 299-316
[106] vgl. Scheer (1998b), S. 342
[107] vgl. Scheer (1998b), S. 532-534

erfolgt der Hinweis, dass die Planungsprozesse parallelisiert (Simultaneous Engineering) werden müssen, um die Entwicklungszeiten zu verkürzen und damit rechtzeitig, während des Entwicklungsprozesses, durch die Fertigung und andere Abteilungen auf das Produkt Einfluss genommen werden kann. Produktänderungen oder -korrekturen werden um so teurer, je später sie entdeckt und vorgenommen werden.

Ein weiteres Problem stellt der Auftragsbezug der PPS-Systeme dar. Die Integrationsanforderungen innerhalb dieser Systeme werden durch den *Auftragsfluss* bestimmt, da das Objekt „Auftrag“ alle Subsysteme durchläuft.[108] Diese Informationssysteme sind nicht für die auftragsunabhängige Planung von Prozessen und logistischen Abläufen geeignet. Dem Bereich der Logistikplanung ähnliche Aufgabenstellungen und Systemanforderungen finden sich vielmehr innerhalb der im Folgenden beschriebenen Informationssysteme zur Leistungsgestaltung im Rahmen des sogenannten CAP (Computer Aided Planning) wieder.

Technisch-industrielle Informationssysteme im Y-Modell

Sowohl Mertens[109] als auch Schönsleben[110] beschreiben einen Bereich, der Informationssysteme zur Forschung und zur *kundenauftragsunabhängigen Produkt- und Prozessentwicklung* enthält.

Diese Informationssysteme umfassen die Verwaltung der Stammobjekte, d.h. sämtlicher *auftragsunabhängiger Geschäftsobjekte*, hauptsächlich die Produkt- und Prozessdefinitionen, wie beispielsweise Stücklisten, Arbeitspläne, Betriebsmittel etc.[111]

Scheer stellt diese Informationssysteme im rechten oberen Ast des Y-Modells dar. Dieser beinhaltet die *Leistungsgestaltung* und die Entwicklung neuer Produkte. Die Konstruktionsabteilung kann als Datenentstehungszentrum des Unternehmens bezeichnet werden. Hier werden wichtige Parameter für den Ablauf der Logistikketten und der Kostenstrukturen im Unternehmen festgelegt. Die Beschreibung der Produktdaten erfolgt in Form von technischen Eigenschaften und der Teilegeometrie. Die Verbindung zur Logistik bildet die Leistungsbeschreibung in Form von Stücklisten und Arbeitsplänen.[112]

In einem weiteren Schritt erstellt die Fertigung die Arbeitspläne, die die Basis der Kapazitätsplanung bilden.[113] Die computerunterstützte Ausführungsebene der Fertigung, die au-

[108] vgl. Scheer (1998b), S. 354
[109] vgl. Mertens (2005), S. 28-44
[110] vgl. Schönsleben (2001), S. 286 und 523-564
[111] vgl. Schönsleben (2001), S. 524
[112] vgl. Scheer (1998b), S. 91-92
[113] vgl. Scheer (1998b), S. 531-533

tomatische Bereitstellung von Werkzeugen und Material im Rahmen der Lagersteuerung, die werksinterne Transportsteuerung, die Instandhaltung und Qualitätssicherung wird im unteren rechten Ast beschrieben.[114]

Schönsleben verweist zur Verdeutlichung des Unterschieds zwischen den betriebswirtschaftlich-planerischen und den technisch-industriellen Informationssystemen auf das CIM-Konzept.

„Computer Integrated Manufactoring (CIM) verstand sich zuerst als ein Konzept zur Integration der verschiedenen Bereiche zur betrieblichen Leistungserstellung mittels Informatiktechnologie. CIM versteht sich heute als die Informatik-Stützung integrierter Geschäftsprozesse.“[115]

Zum Entwurf und zur Konstruktion von Produkten werden *CAD-Systeme* (Computer Aided Design) eingesetzt. Darunter werden Anwendungssysteme zur Unterstützung des Konstruktionszeichnens verstanden. Es können Grafiken, geometrische Figuren und dreidimensionale Modelle dargestellt werden. Wird unter CAD ein umfassendes Konstruktionssystem verstanden, kommen auch betriebswirtschaftliche Komponenten, wie Kalkulations- und Bewertungsmethoden hinzu. Allerdings werden begleitend zum Konstruktionsprozess nur „Schnellkalkulationsverfahren“ eingesetzt, da ausführliche Rechnungen zu aufwändig wären. In enger Verbindung mit der Konstruktion werden Stücklisten und Arbeitspläne erzeugt.[116]

CAM (Computer Aided Manufacturing) beinhaltet die computergesteuerte Fabrikation durch EDV-gesteuerte Maschinen und Roboter.

Die Verbindung zwischen dem CAM und dem CAD stellt das *CAP* (Computer Aided Planning) dar (vgl. Abbildung 2.7).

CAQ (Computer Aided Quality Assurance) stellt schließlich die Informatik-gestützte Qualitätskontrolle des Produktionsprozesses dar.[117]

Im Rahmen des *CAP* werden die Produktionsschritte geplant und vorbereitet. Es werden rechnergestützt Arbeitspläne, Fertigungsvorschriften und Steuerprogramme aus den Merkmalen des Produkts abgeleitet.

Bisher wurde davon ausgegangen, dass CAP erst einsetzt wird, wenn das Produkt fertig konstruiert ist. Im Rahmen der *Digitalen Fabrik* jedoch wird die Konstruktion, der Fertigungsablauf und die Planung der Fabrik gleichzeitig entwickelt. Es werden Rückkopp-

[114] vgl. Scheer (1998b), S. 316-342
[115] Schönsleben (2001), S. 525
[116] vgl. Mertens (2005), S. 29-31
[117] vgl. Schönsleben (2001), S. 526

lungen und Schleifen in die Konstruktion möglich, wenn die Planungen ergeben, dass das Produkt nicht fertigungsgerecht ist.[118]

Bei der Arbeitsplatzplanung mit Hilfe von CAP werden folgende Aufgaben erfüllt:[119]

- Arbeitsablaufplanung
- Arbeitsplatzgestaltung
- Arbeitsmittelplanung (Werkzeuge, Vorrichtungen, Anlagen etc.)
- Arbeitszeitplanung (Vorgabezeitermittlung)
- Bedarfsplanung je Einheit (Materialbedarf je Einheit, Arbeitsmittelbedarf je Einheit, Arbeitskräftebedarf je Einheit)
- Arbeitsfristenermittlung (statische Durchlaufzeit)
- Arbeitskostenplanung (Materialkosten je Einheit, Arbeitsmittelkosten je Einheit, Lohnkosten je Einheit)

Die Ausführungen in der Literatur zu CAP beziehen sich ausschließlich auf die Planung von Fertigungsprozessen. Eine analoge Beschreibung zur Planung logistischer Abläufe fehlt jedoch. Es gilt ein ähnliches System zur Planung logistischer Prozesse zu entwickeln, wie dies im Rahmen des CAP für die Arbeitsplatzplanung existiert. Es wird ein „Schnellkalkulationsverfahren“ zur Bewertung verschiedener logistischer Planungsalternativen begleitend zum Logistikplanungsprozess benötigt, wie dies analog für konstruktionsprozessbegleitende Kalkulationen in CAD-Systemen eingesetzt wird.

Die Logistikplanungsprozesse müssen auf Basis der Stücklisten und Teilegeometrien parallel zum Konstruktions-, Fabrikplanungs- und Fertigungsplanungsprozess stattfinden. Auch die Logistik muss in die Lage versetzt werden, bereits in dieser frühen Phase des Produktlebenszyklus Einfluss auf das Produkt und die Werks- und Fertigungsstrukturen nehmen zu können, wie dies im Rahmen der Digitalen Fabrik für andere Planungsbereiche vorgesehen ist.

[118] vgl. Mertens (2005), S. 39
[119] vgl. Dangelmaier (2003), S. 56-58

Gesamtheitliche Betrachtung des Y-Modells

Werden die beiden oberen Schenkel des Y-Modells in Abbildung 2.7 vor dem Hintergrund der auf Massenproduktion ausgerichteten Automobilindustrie betrachtet, ergeben sich für die beiden Äste unterschiedliche Planungsdimensionen und Zeithorizonte.

Der rechte Ast beschreibt, wie ein Produkt von der Idee bis zur Serienreife entwickelt wird. Der linke Ast zeigt, wie ein Kundenauftrag von der Bedarfsplanung bis zum fertigen Produkt für einen jeweiligen Kunden geplant wird. Die Produktplanung umfasst etwa eine Zeitdauer von sieben Jahren. Das Planungsergebnis stellt zum SOP ein serienreifes Produkt dar, welches in die vorhandenen und eventuell angepassten Fertigungsstrukturen integriert ist. Die Planung umfasst die *einmalig zu treffenden Maßnahmen*.

Die Kundenauftragsplanung (linker Ast des Y-Modells) deckt hingegen inklusive der Primärbedarfsplanung einen Zeitraum von ca. sechs Monaten ab. Es werden konkrete Kundenaufträge ab der Kundenbestellung geplant. Der Vorlauf in der Automobilindustrie beträgt etwa ein bis drei Monate. Das Planungsergebnis ist eine termingerechte Belieferung des Kunden mit dem von ihm bestellten Produkt. Die Planung umfasst bis zu einem gewissen Grad standardisierte, *immer wieder auftretende Maßnahmen*.

Es wird daher vorgeschlagen das Y-Modell um eine *Phase der Gestaltung* zu erweitern, welche die vorgelagerte, auftragsunabhängige Gestaltung des Logistiksystems auf der Fließsystemebene im Rahmen der Logistikplanung vor SOP beinhaltet.[120] Dies wird in Kapitel 4.2 dargestellt.

Auch aus der Betrachtung der Informationssysteme eines Unternehmens wird sichtbar, dass in der Literatur hinsichtlich der Rolle der Logistik in den frühen Planungsphasen im Produktlebenszyklus eine Lücke besteht. Die Logistik startet den Planungs- und Gestaltungsprozess laut Abbildung 2.7 direkt mit der auftragsorientierten Primärbedarfsplanung. Es wird weder eine „Erstkonfiguration des Logistiksystems“ vorgenommen, noch werden die notwendigen logistischen Betriebsmittel und Ressourcen geplant, beschafft und in einen betriebsbereiten Zustand versetzt.

Funktionsbereichs- und prozessübergreifende Integrationskomplexe

Da eine Totalintegration aller Informationssysteme zu komplex ist, haben sich auf bestimmte Funktionsbereiche oder Prozesse fokussierte Integrationskomplexe gebildet, die im Weiteren kurz beschrieben werden sollen.[121]

[120] vgl. Schneider/Otto (2006), S. 31
[121] vgl. Mertens (2005), S. 7

Digitale Fabrik Bereits im vorigen Kapitel wird im Zusammenhang mit CAP auf die Digitale Fabrik verwiesen. Die unter dem Schlagwort der *„Digitalen Fabrik“* diskutierten Werkzeuge und Methoden werden heute allgemein als Lösungsansätze für die aktuellen Herausforderungen der Produktentwicklung und Produktionsplanung angesehen.[122]

Der VDI versteht unter der Digitalen Fabrik einen *„[...] Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen und Methoden unter anderem der Simulation und 3D-Visualisierung. Ihr Zweck ist die ganzheitliche Planung, Realisierung, Steuerung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Fabrikprozesse und -ressourcen in Verbindung mit dem Produkt.“*[123] Die Digitale Fabrik soll zum einen ein Abbild der realen Fabrik darstellen, um die darin ablaufenden Prozesse visualisieren, simulieren und damit verstehen zu können. Zum anderen wird unter diesem Begriff die Gesamtheit aller Mitarbeiter, Softwarewerkzeuge und Prozesse, welche zur Erstellung der virtuellen und realen Produktion notwendig sind, verstanden.[124] Die Handlungsfelder der Digitalen Fabrik umfassen die Modellierung und die Visualisierung der Prozesse, die Integration von Simulationswerkzeugen, den Einsatz von Bewertungsmethoden und die Bereiche Datenmanagement und Kommunikation. Einen wichtigen Teilbereich bildet die Implementierung von Schnittstellen und die Integration der Planungsdaten, um den Zeitaufwand für die Informationsbeschaffung innerhalb der Planungsprozesse zu reduzieren.

Weiterhin muss zwischen den Werkzeugen und Methoden der „Digitalen Fabrik“ auf der einen und der Vision der *Virtuellen Produktion* beziehungsweise der „Virtuellen Logistik“ auf der anderen Seite unterschieden werden.[125] Die Virtuelle Produktion wird als eine *„[...] durchgängige, experimentierfähige Planung, Evaluation und Steuerung von Produktionsprozessen und -anlagen mit Hilfe digitaler Modelle [.]“*[126] beschrieben. Jahn und Richter verstehen unter der *Virtuellen Logistik „[...] eine Strategie, die Transport, Umschlag und Lagerung logistischer Güter in ihrer Umgebung in einem experimentierfähigen Modell abbildet, das analog zur Digitalen Fabrik durch spezifische Methoden und Werkzeuge erstellt wird.“*[127] Ziel ist die Erstellung von digitalen Logistiksystemen zur rechnergestützten Planung und Steuerung logistischer Prozesse unter Nutzung der Werkzeuge der Digitalen Fabrik.[128] Es soll ermöglicht werden, die Kosten für ein Logistiksystem im Vorfeld prognostizieren und eine den Planungsprozess begleitende Bewertung logistischer Planungsalternativen vornehmen zu können.[129]

[122] vgl. Wenzel (2004), S. 54 und Zäh/Patron/Fusch (2003), S. 75
[123] VDI (2005), S. 3
[124] vgl. Zäh/Patron/Fusch (2003), S. 76
[125] vgl. Zäh/Patron/Fusch (2003), S. 76
[126] Reinhard/Grunwald/Rick (1999), S. 26
[127] Jahn/Richter (2003), S. 266
[128] vgl. Jahn/Richter (2003), S. 268
[129] vgl. Straube (2004), S. 261

Während jedoch die Karosseriebau- und Montageprozesse bereits sehr intensiv mit rechnergestützten Methoden und Werkzeugen geplant werden, fehlen die Konzepte und Werkzeuge zur Planung der Logistikprozesse weitestgehend.[130] Die Hersteller von softwarebasierten Planungswerkzeugen fokussieren bisher auf die virtuelle Planung des Produkts, des Produktionsprozesses und der Betriebsmittel.[131]

Die wenigen bisherigen Beschreibungen für den Bereich der Logistik sind meist durch eine Werkzeugsicht geprägt. Es fehlt jedoch eine durchgängige konzeptionelle Basis und ein *Soll-Logistikplanungsprozess* wird nicht erkennbar. Ebenso fehlen die notwendigen Bewertungs- und Kalkulationsmethoden.

Product Lifecycle Management (PLM) Zur Beurteilung der Relevanz der beiden folgenden Integrationskomplexe PLM und SCM für die „taktische Logistikplanung vor SOP“, soll analog zur Vorgehensweise zur Beurteilung der in der Literatur beschriebenen logistischen Lösungsmethoden (vgl. Kapitel 2.4.2), ein Vergleich der durch diese adressierten Problemstellungen mit den Problemfeldern in Kapitel 2.1 erfolgen.

Das *PLM* hat zum Ziel, mit Blick auf den Produktlebenszyklus, einen geschlossenen Informationskreislauf von der ersten Angebotsanfrage über die Betriebsphase bis zur Entsorgung des Produkts zu schaffen.

Das Grundproblem dabei ist, dass die Daten und Dokumente aus unterschiedlichsten Quellen und von unterschiedlichen Personen zusammengetragen und in einem Datenmodell verwaltet werden müssen.[132] Einen wichtigen Bestandteil bilden die Produktdaten, die in PDM-Systemen (Product Data Management) gehalten werden.[133]

Ein Beispiel stellt das PLM-Produktportfolio der SAP AG dar.[134] Das „mySAP Product Lifecycle Management“ erhebt den Anspruch die Produkt- und die Prozessplanung über den kompletten Produktlebenszyklus hinweg zu unterstützen.[135]

PLM- und PDM-Systeme stellen für die Logistikplanung vor SOP eine wichtige Datenquelle beispielsweise für Stücklisteninformationen, Teilegeometrien und Fertigungsabläufe dar. Die Ergebnisse der Logistikplanung, wie Verpackungsdaten zu den Bauteilen, Behälterstammdaten und logistische Abläufe, sollten in diesen Systemen als zentrale Informationsplattformen zur Verfügung gestellt werden. Eine methodische Unterstützung

[130] vgl. Jahn/Richter (2003), S. 265
[131] vgl. Menges (2005), S. 29
[132] vgl. Mertens (2005), S. 272
[133] vgl. Schönsleben (2001), S. 529
[134] Seit dem Release R/3 4.6C wird das Produktdatenmanagement (PDM) unter dem Namen Product Lifecycle Management (PLM) geführt (vgl. Hartmann/Schmidt (2004), S. 17
[135] vgl. Hartmann/Schmidt (2004), S. 188

zur Ermittlung der Fracht-, Flächen- Personalkosten und der Investitionen bieten PLM-Systeme aber nicht.

Supply Chain Management (SCM) Als Vertreter für Informationssysteme, die in das SCM (Supply Chain Management) einzuordnen sind, nennt Mertens unter anderem APS-Systeme (Advanced Planning And Scheduling) und APO (Advanced Planner & Optimizer). Ziel sogenannter APS-Systeme[136] ist, unternehmensübergreifend die komplette Supply Chain zu optimieren. Man kann diese Systeme als eine Weiterentwicklung herkömmlicher Systeme zur Terminierung, Reihenfolgebestimmung und Ressourcenzuweisung verstehen.[137]

APO der SAP AG stellt eine Methodenbank dar.[138] Es handelt sich um ein leistungsfähiges *Analyseinstrument zur Optimierung existierender Logistiksysteme*. Vornehmliches Ziel ist es Bedarfsschwankungen zu prognostizieren und auszugleichen.[139]

Das *SCM* fokussiert auf die zwischenbetriebliche Integration zwischen Kunden, Lieferanten und Logistikdienstleistern (Spediteure und Lagerhalter) und weniger auf die funktionsbereichsübergreifende unternehmensinterne Integration. Gerade die *detaillierte Planung der unternehmensinternen logistischen Abläufe* in enger Abstimmung mit der Konstruktion und Fertigungsplanung stellt jedoch die zentrale Aufgabe der Logistikplanung vor SOP dar. Somit können derartige Systeme allenfalls bei der Lösung von Teilproblemen, die den externen Materialfluss betreffen, unterstützen.

2.4.4 Zusammenfassende Ableitung des Forschungsbedarfs

Der Schwerpunkt der Ausführungen in der Literatur liegt auf der Planung *nach SOP*. Für den Bereich vor SOP finden sich nur vage Beschreibungen und normative Charakterisierungen. Es muss zunächst eine Abgrenzung und Definition für den Begriff der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ erarbeitet werden. Wichtige Abgrenzungskriterien der Gestaltungsebene zur herkömmlichen Logistikplanung bilden der Auftragsbezug (die Logistikplanung vor SOP findet auftragsunabhängig statt) und die Einmaligkeit der zu treffenden Maßnahmen. Die Maßnahmen werden nicht mit jedem Kundenauftrag immer wieder durchgeführt, wie dies beispielsweise bei der Disposition der Fall ist.

[136] Einen Überblick über am Markt befindliche APS-Systeme liefern Fleischmann/Meyr (2003).
[137] vgl. Mertens (2005), S. 278-283
[138] vgl. Mertens (2005), S. 281
[139] vgl. Oberniedermaier (2000), S. 317-323 und Straube (2004), S. 146

Die in der Historie der Logistik zu beobachtende beständige Ausweitung der Wirkungsbereiche der Logistik konzentriert sich aktuell unter dem Schlagwort des Supply Chain Managements auf flussorientierte unternehmensübergreifende Funktionen. Trotz der Anerkennung der wettbewerbsrelevanten Einflüsse der Logistik in der Produktgestaltung steht die zeitlich-orientierte Ausweitung der Aufgaben der Logistik im Produktlebenszyklus bis heute kaum im Fokus der Forschung. Die Analyse der vorhandenen Methoden zeigt, dass diese schwerpunktmäßig auf ein Redesign des Logistiksystems nach SOP ausgerichtet sind. Für ausgewählte, isolierte logistische Fragestellungen der Bestands-, Transport- und Tourenplanung existiert eine nahezu unüberschaubare Vielzahl von Lösungsmethoden, die allerdings keine gesamtheitliche Betrachtungsweise unterstützen.[140] Auch in der Praxis setzen viele Unternehmen keine adäquaten Instrumente für die Logistikplanung ein.[141] Es muss also auf Basis des zu entwickelnden Geschäftsprozessreferenzmodells ein geeignetes, betriebswirtschaftlich fundiertes analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell und ein Soll-Planungsprozess entwickelt werden.

Aus der Sicht der Informationssystemunterstützung startet die Logistik den Planungs- und Gestaltungsprozess mit der kundenauftragsorientierten Serienplanung. Die „Erstkonfiguration des Logistiksystems“[142], die Planung und Beschaffung der notwendigen logistischen Betriebsmittel wird nicht oder erst in zu späten Phasen durch *PPS-Systeme* unterstützt. Die im Rahmen von *CAP* (Computer Aided Planning) eingesetzten Planungsverfahren sind bisher lediglich auf die Arbeitsplatzplanung in der Fertigung ausgerichtet und nicht auf die Planung logistischer Abläufe und Arbeitsvorgänge. Auch für die *Digitale Fabrik* fehlen noch durchgängige konzeptionelle Ansätze für die Logistikplanung vor SOP. Der Fokus liegt eher auf der Planung des Produkts und der Produktionsprozesse. Zum wirtschaftlichen Einsatz der zu entwickelnden daten- und rechenintensiven Planungsverfahren und Kalkulationsschemata ist eine EDV-technische Unterstützung notwendig. Die Anforderungen an ein derartiges Planungswerkzeug müssen erhoben werden.

[140] vgl. Szyperski (1989), S. 987-988
[141] vgl. Straube (2004), S. 257
[142] Klaus (2002), S. 98

3 Beschreibung des Anwendungsbereichs

Wie die Ausführungen in Kapitel 2 gezeigt haben, besteht ein dringender Bedarf einer Unterstützung der Logistikplanung bereits vor SOP.

Nachdem im Folgenden die Grundlagen für das methodische Vorgehen in diesem Kapitel erläutert werden, wird in Kapitel 3.2 der Planungsprozess der Logistik vor SOP strukturiert. Anschließend wird die Phase der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ abgegrenzt und definiert (vgl. Kapitel 3.3).

Die Beschreibung der Aufgaben der Logistikplanungsabteilungen (vgl. Kapitel 3.4) trägt zum Verständnis des Problembereichs bei und bildet die Grundlage für die bei der AUDI AG durchgeführte Delphi-Studie. Die Ergebnisse werden in Kapitel 3.5 analysiert und dienen der Plausibilisierung der abgeleiteten Aufgaben und der Priorisierung der Umsetzungsreihenfolge bei der Erstellung eines Planungswerkzeugs.

3.1 Methodische Grundlagen zur Beschreibung des Anwendungsbereichs

3.1.1 Trennung zwischen der Beschreibung des Problembereichs und dem vorgeschlagenen Lösungsbereich

Um die Anforderungen an eine Softwareunterstützung erarbeiten zu können, ist es wichtig zunächst zwischen dem Problem und dem Lösungsbereich zu unterscheiden.

- Dem *Problembereich* werden alle Dinge und Geschehnisse des Anwendungsbereichs zugeordnet, wie beispielsweise die Aufgabenträger, die fachlichen Handlungen etc.
- Dem *Lösungsbereich* zuzuordnen sind alle Dinge, die genutzt oder entwickelt werden, um die Aufgaben des Anwendungsbereichs mit einem Anwendungssystem zu unterstützen.

Der Übergang zwischen Aktivitäten zum Problemverständnis und zur Lösungsbeschreibung ist zwar häufig fließend, dennoch sollte versucht werden nicht zu früh in die Lösungskonzeption einzusteigen, ohne den Anwendungsbereich ausreichend verstanden zu haben.[1] Daher werden im Kapitel 3 die Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ beschrieben, bevor in den folgenden Kapiteln auf den Lösungsbereich eingegangen wird.

3.1.2 Aufgabenbeschreibung als Teil des Problembereichs

Nach der Erläuterung und Abgrenzung der unterschiedlichen Planungsphasen vor SOP wird im Kapitel 3.3 der Begriff der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ definiert.

Im Kapitel 3.4 werden die Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ beschrieben. Grochla zufolge spielen die *Aufgaben*, als das konkrete Handlungsprogramm des Unternehmens, eine zentrale Rolle bei der Systemanalyse.[2] Die eingehende Beschreibung der Aufgaben und Prozesse im Anwendungsbereich bildet die Grundlage für das „fachliche Modell“. Die Aufgaben müssen inhaltlich vollständig verstanden worden sein. Da aber zu viele Akteure und Sichtweisen vorhanden sind, ist eine vollständige Analyse zu komplex. Es werden in dieser Arbeit nur relevante Teilbereiche des Anwendungsbereichs analysiert.

Der Begriff der *Aufgabe* und der *Funktion* ist in der Literatur nicht eindeutig definiert. Häufig werden beide Begriffe synonym verwendet. Sinz zufolge ist eine Aufgabe formal als (nicht unbedingt funktionales) Input-Output-System zu interpretieren. Eine Aufgabe kann weiter in Vorgänge und Aktionen zerlegt werden. Wenn die Aktionen funktional beschreibbar und damit automatisierbar sind, werden diese von Sinz als Funktionen bezeichnet.[3] Da jedoch hier das ARIS-Konzept genutzt wird und die Funktionssicht in diesem Zusammenhang mehr als nur die automatisierbaren Aufgaben enthält, kann der Definition von Sinz hier nicht gefolgt werden.

Scheer bezeichnet eine Funktion als komplexe Tätigkeit, die weiter in Teilfunktionen untergliedert werden kann oder in Funktionsbündel eingehen kann. Da die Abgrenzung dieser Begriffe nur willkürlich möglich ist, wird die generelle Bezeichnung „Funktion“ verwendet.[4] Im Rahmen dieser Arbeit wird im Zusammenhang mit der Beschreibung des Anwendungsbereichs eher von „Aufgaben“ gesprochen, im Zusammenhang mit der Definition von Anforderungen an ein Anwendungssystem eher von „Funktionen“. Beide

[1] vgl. Schienmann (2002), S. 54-55
[2] vgl. Grochla (1978), S. 17
[3] vgl. Ferstl/Sinz (1998), S. 54-57
[4] vgl. Scheer (2001), S. 25

Begriffe sind jedoch, wie auch in der allgemeinen Literatur, nicht trennscharf abzugrenzen.

Die Struktur der Aufgaben liefert Anhaltspunkte über den Grad der Automatisierbarkeit der betreffenden Aufgabe.[5] Beispielsweise wird abhängig vom Zielerreichungsgrad, der mit einem Lösungsverfahren möglich ist, zwischen exakten, approximierenden und heuristischen Lösungsverfahren unterschieden. Exakte Verfahren ermitteln innerhalb des Lösungsraums ein exaktes, optimales Ergebnis bezüglich der vorgegebenen Ziele. Approximierende Verfahren nähern sich der exakten Lösung. Der Abstand zur exakten Lösung kann abgeschätzt werden. Heuristische Verfahren dienen zum Auffinden „guter Lösungen“. Die Lösung soll sich dem Optimum schrittweise annähern. Allerdings kann der Abstand nicht angegeben werden. Zur Lösung der Probleme der Gestaltung von Logistiksystemen werden meist heuristische Verfahren eingesetzt.[6]

Der Grad der Strukturiertheit der Diskurswelt gibt Aufschluss darüber, inwieweit der relevante Bereich abgegrenzt, erfasst, verstanden und somit modelliert werden kann.

„Schlechtstrukturierte Probleme sind aufgrund der genannten Merkmale schwierig zu modellieren. Lösungsverfahren hierfür sind nur begrenzt funktional beschreibbar. Aufgrund der Häufigkeit und der Bedeutung dieser Probleme zielt jedoch ein erheblicher Anteil der Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten in universitären und industriellen Labors auf die Lösung derartiger Probleme.“[7]

Die bisher automatisierten Aufgaben konzentrieren sich beinahe ausnahmslos auf wohlstrukturierte Probleme. Häufig liegt bei schlechtstrukturierten Problemen nur unvollständiges und nicht überprüfbares Wissen von Experten vor. Bei den Aufgaben der Logistikplanung handelt es sich um eher schlechtstrukturierte Probleme, die in frühen Planungsphasen unter relativ hoher Unsicherheit gelöst werden müssen. Das Spektrum der notwendigen Informationen ist relativ breit und fachbereichsübergreifend. Die Informationen werden sowohl extern als auch intern bezogen und beziehen sich auf aktuelle wie auch auf zukünftige Zeiträume. Neben den quantitativen Informationen werden häufig auch qualitative Informationen genutzt. Es wird häufig mit aggregierten und nur annähernd exakten Werten gearbeitet. Somit ähnelt der Informationsbedarf der Logistikplanung relativ stark dem Bedarf des strategischen Managements.[8]

[5] vgl. Ferstl/Sinz (1998), S. 30-32
[6] vgl. Fleischmann (2002), S. A1-6
[7] Ferstl/Sinz (1998), S. 105
[8] vgl. Gluchowski/Gabriel/Chamoni (1997), S. 73

3.2 Strukturierung des Planungsprozesses vor SOP

Longmuß nennt für einen Referenzproduktentstehungsprozess drei Ebenen: die Simultaneous Engineering Ebene, die Steuerungsebene und die Entscheidungsebene.[9] Die niedrigste hierarchische Stufe stellt die Simultaneous Engineering Ebene dar. Hier werden die für die Planung benötigten Fachprozesse beschrieben. Diese werden durch verschiedene organisatorische Einheiten in bereichsübergreifenden Simultaneous Engineering Gruppen abgehandelt. Bei den meisten OEM's existiert ein standardisierter Produktentstehungsprozess an dem sich auch der Planungsablauf der Logistik orientiert. Der Produktentstehungsprozess dient als wichtiges Hilfsmittel zur Strukturierung. Die Orientierung an dieser Zeitschiene ermöglicht eine Abgrenzung der einzelnen Planungsphasen, welche unterschiedliche Anforderungen an die Unterstützung durch ein Planungswerkzeug stellen. Dies betrifft sowohl den Detaillierungsgrad der Informationen als auch die Art der Unterstützung durch Methoden und Werkzeuge.

Die Logistik ist über bereichsübergreifende Simultaneous Engineering Teams bereits in sehr frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses in die Planungen miteinbezogen.[10] Dabei gilt es zwischen den verschiedenen Planungsphasen vor der Serienproduktion eines Fahrzeugs, die in Abbildung 3.1 dargestellt sind, und den sich hieraus ergebenden unterschiedlichen Aufgaben zu unterscheiden.

(1) Strategische Logistikplanung vor SOP (ca. 4 bis 2 Jahre vor SOP): In der Phase der strategischen Planung muss insbesondere die Standortentscheidung unterstützt werden. Das Ergebnis sollte die Entscheidung für eine kostenoptimale Lösung bilden.[11] Ein Modell zur Entscheidungsunterstützung sollte alternative Szenarien abbilden und die zu erwartenden Logistikkosten (Betriebskosten, Frachtkosten, Zölle etc.) abschätzbar machen. Auf Basis von Referenzstücklisten und technischen Produktbeschreibungen findet dies auf einer relativ groben Ebene eher *top-down-orientiert* statt.

(2) Taktische Logistikplanung vor SOP (ca. 3 Jahre vor SOP bis 3 Monate nach SOP): Die „taktische Logistikplanung vor SOP“ beinhaltet die Aufgaben der *Prozess- und Strukturplanung* und wird hier in die Phasen der Konzept- und der Feinplanung unterteilt. In der Phase der *Konzeptplanung* (ca. 3 Jahre vor SOP) besteht die Hauptaufgabe darin, neue Logistik- und Verpackungskonzepte für ein Fahrzeugprojekt unter Einhaltung der Kostenziele zu erstellen.[12] In dieser Planungsphase müssen alternative Planungsszenarien

[9] vgl. Longmuß (2003) S. 64-65
[10] Eine Beschreibung der Aufgaben der Logistikplanung und der eingesetzten Werkzeuge findet sich auch in Schneider (2004).
[11] vgl. Bierwirth (2004), S. 9 sowie S. 57
[12] vgl. Bierwirth (2004), S. 70ff.

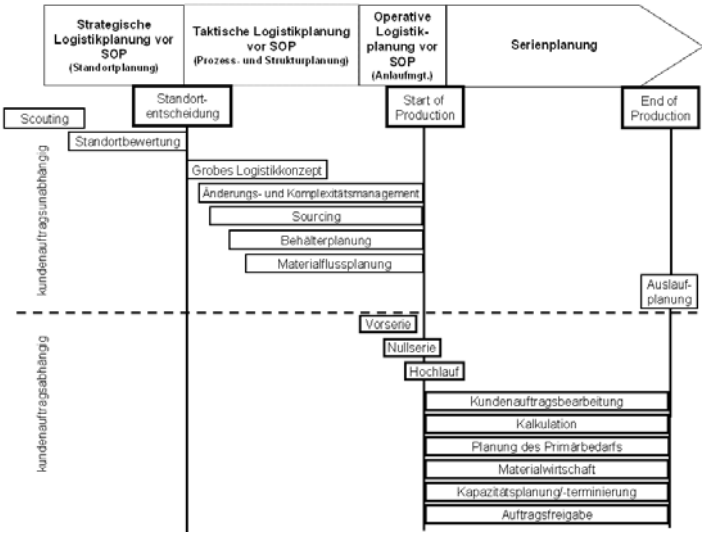

Abbildung 3.1: Phasen und Aufgaben der Logistikplanung von der Entwicklungsphase bis End-of-Production

verfeinert, Machbarkeitsstudien durchgeführt und diese Szenarien monetär bewertet werden. Hierzu ist es u. a. notwendig erste Bedarfe an logistischen Handlingszeiten und Logistikkosten abzuschätzen. Es wird ein *grobes Logistikkonzept* eher top-down-orientiert entworfen, das ein Set von Regelwerken, Methoden und vorgefertigten Planungsbausteinen beinhaltet, das den Logistikplanern für die Erstellung des feinausgeplanten Logistikkonzepts als Vorgabe und Planungsleitlinie dient. In der Phase der *Feinplanung* (bis SOP) wird dann in der Regel die favorisierte Alternative ausgeplant. Die Eingangsinformationen bilden Referenzstücklisten, die technische Produktbeschreibung und im Laufe des Planungsprozesses immer vollständiger gefüllte Stücklisten des zu planenden Fahrzeugmodells. Die Aufgaben umfassen das Komplexitäts- und Änderungsmanagement und die Unterstützung des Vergabeprozesses. Die Behälter und Verpackungen werden geplant. Der Materialfluss wird auf Teilefamilienebene detailliert von der Montagelinie (line-back) bis zum Lieferanten betrachtet (vgl. Abbildung 3.1). Bedarfe an Transportmitteln, Flurförderzeugen, Behältern, Flächen und Personal werden final abgeleitet. Schließlich unterstützt und begleitet die Logistikplanungsabteilung den Anlaufprozess und den Übergang in die Serienfertigung. Die Vorgehensweise ist eher *bottom-up-orientiert*.

(3) Operative Logistikplanung vor SOP (ca. 1 Jahr vor SOP bis 3 Monate nach SOP): In dieser Phase findet das *Anlaufmanagement* statt. Es gilt eine termin- und qualitätsgerech-

te Versorgung der Anlaufproduktion mit Teilen sicherzustellen. Dies setzt eine intensive Kommunikation mit der technischen Entwicklung, der Fertigung und den Lieferanten voraus. Hierfür existieren geeignete Vorserienprozesse.

Das Anlaufmanagement wird üblicherweise in die drei Phasen Vorserie, Nullserie und Produktionshochlauf eingeteilt. Insbesondere in der Automobilindustrie sind die Übergänge zwischen diesen Phasen durch klar definierte Phasenergebnisse sowie den Wechsel von Werkzeugen erkennbar.[13]

In der *Vorserie* wird nach Abschluss des Prototypenbaus in entwicklungsnaher Umgebung mit Serienwerkzeugen gefertigt.

Die Hauptaufgaben der Vorserie[14] sind

- erste verlässliche Aussagen über das spätere Produktionsergebnis zu erhalten,
- die Produktionsprozesse einer initialen Überprüfung zu unterziehen,
- die späteren Mitarbeiter der Serienproduktion mit dem neuen Produkt vertraut zu machen und
- eine größere Anzahl des Produkts für Test- und Präsentationszwecke bereitzustellen.

In der *Nullserie* werden die Serienwerkzeuge in seriennaher Umgebung eingesetzt.

Die Hauptaufgaben der Nullserie[15] sind

- eine abschließende Integration von Produkt und Fertigungsprozess zu erreichen,
- die logistischen Prozesse, wie Anlieferformen, Lager-, Verpackungs- und Transportprozesse zu stabilisieren,
- das Produktionssystem auf Serienreife zu bringen und die geplanten Taktzeiten zu erreichen und
- ausgewählte Mitarbeiter an den neuen Anlagen und Produkten zu schulen.

Die Nullserie endet mit der Produktion des ersten kundenfähigen Produkts, dem so genannten *SOP* (Start-of-Production). Dies wird auch häufig als „Job No. 1“ bezeichnet.

Nach SOP beginnt die Phase des *Produktionshochlaufs*. Die Fertigung wird vom auslaufenden auf das anlaufende Produkt umgestellt. Mit steigender Anzahl zu produzierender Fahrzeuge in einem Neuanlauf müssen die Vorserienprozesse schrittweise in die

[13] vgl. Fitzek (2005), S. 51-53
[14] vgl. Fitzek (2005), S. 53-55
[15] vgl. Fitzek (2005), S. 55-56

geplanten Serienprozesse, die in der Phase der "taktischen Logistikplanung vor SOP“ auf Prozessprototypebene definiert werden, überführt und die Betreuung der Teileumfänge an die Seriendisposition übergeben werden. Mit Erreichen der geplanten Ausbringungsmenge, also der Kammlinie, endet diese Phase und die abgesicherte Serienproduktion beginnt.[16]

Das Anlaufmanagement bildet den Mittler zwischen der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ und der Serienphase. Das *Abgrenzungsmerkmal* ist, dass die Prozesserprobung in der Anlaufphase bereits *auftragsorientiert* stattfindet, während die Standortplanung und die Prozess- und Strukturplanung *auftragsunabhängig* ablaufen (vgl. Abbildung 3.1).

(4) Logistikplanung nach SOP (ab SOP): Der Planungsgegenstand der Logistikplanung nach SOP ist die Auftragsabwicklung auf Basis vorliegender (Kunden-)Aufträge. Dazu stehen die „in Betriebsbereitschaft versetzten“ Ressourcen und die definierten Anlieferkonzepte zur Verfügung.

Die „taktische Logistikplanung vor SOP“ ist ein Teil des Produktentstehungsprozesses. Tabelle 3.1 zeigt die Abgrenzung von vor- und nachgelagerten Planungsprozessen in der Logistik.

3.3 Abgrenzung des Begriffs der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

Der Begriff der „Logistikplanung vor SOP“ wird, wie in Kapitel 2.4.1 ausgeführt wird, bisher weder in der Literatur noch in der Praxis verwendet. Es wird allgemeiner von „Logistikplanung“ gesprochen.[17] Daher gilt es den Begriff der *„taktischen Logistikplanung vor SOP“* zu definieren und eine Abgrenzung zu anderen Begriffen festzulegen.

Die „taktische Logistikplanung vor SOP“ wird im Folgenden als eine das Fließsystem konfigurierende, nur einmalig zu treffende Maßnahmen umfassende, teilebasierte, prozessbasierte, kostenorientierte, engpasssensitive, Strukturen und Prozesse integriert berücksichtigende Planung definiert.[18] Der Gegenstand der Planungsaufgabe der Logistik ist das *Logistiksystem* von den Lieferanten bis zur Bereitstellung fremdbezogener und eigengefertigter Objekte in der Produktion sowie die Gestaltung der darin ablaufenden logistischen Prozesse.

[16] vgl. Fitzek (2005), S. 51-55
[17] vgl. Klaus (2002) und Pfohl (1990)
[18] vgl. Schneider/Otto (2006), S. 60-61

Planung/ Kriterium	Strategische Logistikplanung vor SOP	Taktische Logistikplanung vor SOP	Operative Logistikplanung vor SOP	Logistikplanung nach SOP
Zeitraum	Ca. 4 bis 2 Jahre vor SOP	Ca. 3 Jahre vor SOP bis 3 Monate nach SOP	Ca. 1 Jahr vor SOP bis 3 Monate nach SOP	Ab SOP
Ziel	- Für das zu planende Fahrzeug den Zielstandort bestimmen - Auf der Ebene der A-Teile eine Flussplanung erstellen und grobe Kosten bestimmen	- Für das zu planende Fahrzeug die Materialflüsse von der Montagelinie bis zum Lieferanten (line-back) festlegen und Verpackungskonzepte erstellen - Kosten detaillieren	- Sicherstellen der operativen Lieferfähigkeit der Lieferanten und Synchronisierung der Terminschienen auf Teileebene während der Anlaufphase - Überführung der Vorserienprozesse in die geplanten Serienabläufe	- Übernahme der Serienprozesse und sicherstellen der operativen Lieferfähigkeit der Lieferanten - Teileversorgung während der laufenden Serie
Beispielhafte Fragestellungen	- Aus welchem Werk sollen welche Hauptbaugruppen geliefert werden? - In welchem Werk sind welche Flächen verfügbar? - Wie hoch sind die Arbeitskosten in welchem Werk? - Wie viel Investitionsvolumen wird in welchem Werk erforderlich?	- Welche Anlieferkonzepte sind verfügbar? - Welches Teil wird über welches Anlieferkonzept beschafft? - In welcher Halle soll welches Teil gelagert werden? - Welche Zielkosten entstehen dabei? - Welches Teil wird wie verpackt? - Wie viele Behälter müssen beschafft werden? - Sind Kapazitätserweiterungen erforderlich?	- Kann der Lieferant während der Anlaufphase die für die Vorserienproduktion benötigten Teile in ausreichender Qualität liefern? - Wie entwickeln sich die Fahrzeugmengen pro Tag vor SOP und wie sollen diese geringen Mengen beschafft werden? - Werden die Lieferanten organisatorisch und datenverarbeitungsbezogen liefern können?	- Sind ausreichend Teile vorhanden, um eine störungsfreie Produktion zu ermöglichen? - Wie entwickelt sich das Fahrzeugprogramm?
Output	- Werkebelegung - Zielkostenstruktur: Arbeit, Transport, Zoll, Investition, Material	- Zuordnung von Teilefamilie zu Anlieferkonzept - Anlieferkonzepte auf Prozesstypebene - Verpackung (Behälter) pro Teil - Detaillierung der Kosten (Arbeit, Fracht, Behälter, Zoll, Handhabung) - Investitionsanträge (Behälter, Flächen)	- Zeitgerechte Materialbestellungen (Termin, Menge) in der Anlaufphase, Terminkoordination und Beschaffung über geeignete Sonderprozesse - Einführung der auf Prozesstypebene definierten Serienprozesse	- Zeitgerechte Teileversorgung der Produktion während der Serie unter Nutzung der definierten Anlieferkonzepte (Bildung von Instanzen der Prozesstypen)
Input	- Geforderte Produktionsmenge (Fahrzeuge pro Tag) - Qualitative und quantitative Kapazität pro Werk auf Ebene der Hauptgruppen (Presswerk, Karosseriebau, Montage, Lackiererei) - Standortkosten (Arbeit, Zölle) - Subventionen - Transferzeiten zwischen Werken	- Werksstruktur - Geforderte Produktionsmenge (Fahrzeuge pro Tag) - Technische Produktbeschreibung - Referenzstückliste	- Fahrzeugprogramm: Wann wird welches Fahrzeug im Anlauf gebaut? - Wie sieht die Anlaufkurve aus? - Serienprozesse und Verpackungskonzepte (aus der taktischen Planung) - Stücklisten: Bei welchen Teilen handelt es sich um Neuteile?	- Fahrzeugprogramm - Stücklisten, Bestände
Prozess	- Ausschreibung: Werke „bewerben" sich für Fahrzeugprojekt	- Sukzessive Zuordnung von Teil zu Anlieferkonzept unter Beachtung von Engpässen - Manuelle Auflösung von Engpässen durch veränderte Zuordnung bzw. durch Kapazitätserweiterung - Kontinuierliche Abstimmung von Materialfluss und Verpackungskonzept - Einbringen der logistischen Anforderungen in den Fahrzeugentwicklungsprozess	- Verfolgung anhand von Terminplänen	- MRP-basierte verbrauchs- und bedarfsorientierte Beschaffung - Synchronisation der JIT/JIS-Lieferanten per Lieferplanabruf
Methode	- Top-down-Ermittlung: Zielkosten	- Bottom-up-Planung auf Basis der A- und B-Teile	- Verfolgung der Schwerpunktteile	
Beplanter Teileumfang	- Baugruppen und Top-Teile (100-150 Teilefamilien pro Fahrzeug)	- Ca. 3000 Teilefamilien, davon ca. 600-1000 detailliert beplant	- Verfolgung mit Fokus auf Neuteilen und zeitkritischen Umfängen (500 bis 1000 Teilefamilien)	- Ca. 20.000 Teilenummern
Herkunft der Teileinformation	- Referenzstücklisten - Technische Produktbeschreibung	- Referenzstücklisten - Technische Produktbeschreibung - Im Laufe des Planungsprozesses vervollständigte Stückliste	- Technische Produktbeschreibung - Im Laufe des Planungsprozesses vervollständigte Stückliste	- Stückliste

Tabelle 3.1: Abgrenzung der unterschiedlichen Bereiche der „Logistikplanung vor SOP" (vgl. Schneider/Otto (2006), S. 62)

3.3.1 Das Fließsystem konfigurierende Planung

In Abgrenzung zur Aufgabe der Durchführung von Lager- und Transportprozessen und zur dispositiven Steuerung des Logistiksystems [19] findet die Gestaltung des Logistiksystems auf der Fließsystemebene statt und dies lange bevor ein reales Fahrzeug die Montagelinie durchläuft.

Die Modellvorstellung der Logistik als ein Fließsystem, die in Kapitel 2.4.1 eingeführt wurde, dient hauptsächlich der Abgrenzung der verschiedenen Betrachtungsebenen der Logistikplanung und der Einordnung und Systematisierung der Logistikplanungsaufgaben.

Der Fließsystemansatz wird zur Erfassung der Aufgaben der Logistikplanungsabteilungen auf eine Mikroprozessebene ausgedehnt.[20]

Die Logistikplanungsabteilung übernimmt die *Erstkonfiguration* des Logistiksystems auf der Ebene der Ressourcen, die „Programmierung“ der Ablaufregeln und die Definition der Verhaltensroutinen im Rahmen der Ablauforganisation.[21] Die zu konfigurierenden Elemente eines Logistiksystems werden in Tabelle 3.2 zusammengefasst.

Göpfert zufolge sind die *Akteure* (im Falle eines Logistiksystems Lieferanten, Spediteure, Logistikdienstleister und Logistikpersonal) und die *auftragsunabhängigen Beziehungen* Bestandteil eines Fließsystems.[22] Die Beziehungen zwischen den Akteuren werden meist in Form von Verträgen beschrieben und fixiert. Dies schließt auch die Festlegung verbindlicher Preise und Kosten ein.

Hier wird die Meinung vertreten, dass der Umfang der vor SOP zu konfigurierenden Elemente jedoch erweitert werden muss. Auch die *auftragsunabhängigen Ressourcen*, welche einen Objektfluss erst ermöglichen, werden durch die Logistikplanungsabteilungen bereits vor SOP festgelegt. Hierunter werden Standorte, Montagelinien, Flächen, Transportwege, Routenpläne, Flurförderzeuge, Behälter, Trailer und Lagerausstattung verstanden. All diese Ressourcen müssen langfristig vor dem Produktionsanlauf eines Fahrzeugs geplant und beschafft werden. Diese Ressourcen ermöglichen über die Laufzeit des Fahrzeugs die Produktion.

[19] vgl. Straube (2004), S. 60-62

[20] Klaus weist darauf hin, dass die Modellvorstellung des Fließsystems auf verschiedenen Ebenen angewendet werden kann, von einer Makroebene, die ganze Volkswirtschaften abbildet, bis zu einer Mikroebene innerhalb von Unternehmen (vgl. Klaus (1998), S. 67).

[21] vgl. Klaus (2002), S. 98 und Klaus (1998), S. 70-74

[22] in Anlehnung an Göpfert (2000), S. 54

Konfigurationselemente eines Logistiksystems	Beschreibung
Akteure	
Lieferanten	Durch den Einkauf werden die Lieferanten für die Teile festgelegt. Die Logistik nimmt durch die Bewertung der Transportprozesse Einfluss auf diese Entscheidung.
Spediteure	Es werden die Spediteure bestimmt, die bei bestimmten Lieferanten oder aus bestimmten Postleitzahlengebieten abholen.
Logistikdienstleister	Die Logistikplanung beauftragt eventuell notwendige Logistikdienstleister für Teilaufgaben im Logistikprozess.
Logistikpersonal	Das benötigte Logistikpersonal muss langfristig geplant und eingestellt werden.
Auftragsunabhängige Beziehungen	
Verträge mit Logistikdienstleistern	Mit den Logistikdienstleistern müssen Verträge verhandelt werden, die Aufgaben, Pflichten und Kosten regeln.
Verträge für JIT-Teile zu Kosten und Abläufen	Für Just-in-Time-Prozesse müssen detaillierte Ablaufbeschreibungen und Notkonzepte erstellt werden. Auch die Kosten für die Leistungen müssen vertraglich geregelt werden.
Wartungsverträge	Für eingesetzte Ressourcen, wie beispielsweise Transportwagen und Flurförderzeuge müssen Wartungsverträge verhandelt werden.
Auftragsunabhängige Ressourcen	
Standorte	Der Produktionsstandort muss festgelegt werden.
Montagelinien	Die Montagelinie und die Bereitstellsituation an der Montagelinie muss bestimmt werden. Hierbei unterstützt die Logistikplanung die Fertigungsplanung.
Flächen	Notwendige Flächenbedarfe werden ermittelt. Die zur Verfügung stehenden Flächen müssen aufgeteilt werden und ein Flächenbelegungsplan muss erstellt werden.
Transportwege	Die Transportwege im Werkslayout werden festgelegt.
Routen	Die unterschiedlichen Fahrrouten werden bestimmt, auf denen die Quellen mit den Senken verbunden werden sollen.
Flurförderzeuge	Die notwendigen Flurförderzeuge (Gabelstapler, Zugmaschinen, Anhänger, Hubwagen, etc.) werden für die Prozesse ermittelt, beschafft und bestimmten Routen oder Flächen zugeordnet.
Behälter	Die Behälter, die für bestimmte Teile zu benutzen sind, werden festgelegt. Notwendige Spezialbehälter werden entwickelt, beschafft und rechtzeitig in den Behälterfluss zwischen Lieferant und Montagelinie eingeschleust.
Trailer	Die zum internen Transport und zur Bereitstellung der Behälter benötigten Trailer werden definiert und beschafft.
Lagerausstattung	Die Lagerausstattung, wie Regale und EDV werden beschafft und aufgebaut. Hierzu gehört auch Sicherheitstechnik, wie Sprenkleranlagen und Rauchmelder, etc.
Auftragsunabhängige Referenzprozesse	Standardprozess zur Anlieferung von Teilen in unterschiedlichen Behälterarten. Es wird festgelegt über welchen Wareneingang die entsprechenden Teile in welches Lager gelangen. Weiterhin wird definiert, über welche Route die Teile an die Montagelinie angeliefert werden und wie der Leergutrückfluss stattfindet. Für alle diese Schritte werden die notwendigen Ressourcen und die Zeitdauer der jeweiligen Aktivitäten beschrieben.
konventionelle Anlieferung im Großladungsträger	Standardprozess zur Anlieferung von Großladungsträgern.
vereinzelte Anlieferung im Kleinladungsträger	Standardprozess zur Anlieferung von Kleinladungsträgern und der Vereinzelung von Gebinden.
Anlieferung sequenziert in Fahrzeugreihenfolge	Standardprozess zur Sequenzierung von Teilen. Es wird auch der Teilprozess zur Sequenzbildung beschrieben.
Anlieferung im Warenkorb	Standardprozess zur Anlieferung im Warenkorb, d.h. es werden mehrere Teile für ein Fahrzeug in einem Behälter an der Montagelinie angeliefert (z.B. die Sonnenblende und die Schrauben zur Befestigung). Es wird auch der Teilprozess zur Warenkorbbildung beschrieben.
Just-in-Time	Standardprozess zur Anlieferung von Teilen Just-in-Time. Dieser Standardprozess dient nur als Vorlage und muss teileindividuell detailliert ausgeplant werden.

Tabelle 3.2: Konfigurationselemente eines Logistiksystems

Weiterhin wird zu der Ebene des Fließsystems die Definition von zum Planungszeitpunkt noch *auftragsunabhängigen, Referenzprozessen* (Prozessstrukturen) gezählt, die die konkreten, auftragsabhängigen Objektflüsse durchlaufen können.[23]

Diese *Standardprozesse* beschreiben die unterschiedlichen Möglichkeiten zur Anlieferung von Teilen in unterschiedlichen Behälterarten. Es wird festgelegt, über welchen Wareneingang die entsprechenden Teile in welches Lager gelangen. Weiterhin wird definiert, über welche Route die Teile an die Montagelinie angeliefert werden und wie der Leergutrückfluss stattfindet. Für alle diese Schritte werden die notwendigen Ressourcen und die Zeitdauer der jeweiligen Aktivitäten beschrieben.

An einem konkreten Beispiel formuliert bedeutet dies, dass für die Beschaffung von Reifen eine Reihe von Lieferanten in Frage kommen, mit denen seitens des Einkaufs Verträge geschlossen werden, die bestimmte Rahmendaten und Jahresvolumina beinhalten. Im Rahmen eines konkreten Auftrags wird von der Disposition eine Lieferung Reifen von einem dieser Lieferanten bestellt. Hier spielen bei der Auswahl Produktions-, Transport- und Lagerkapazitäten eine Rolle. Zur Ausführung dieser konkreten Bestellung werden jedoch unabhängig davon, bei welchem Lieferanten im Rahmen dieses Auftrags bestellt wurde, ein bestimmter vorgegebener Behälter genutzt, der über einen vordefinierten Prozess über einen bestimmten Wareneingang in ein bestimmtes Lager geliefert wird.

3.3.2 Systemgestaltende Planung

Aufgrund der unterschiedlichen Planungsdimensionen und Zeithorizonte beinhaltet die „taktische Logistikplanung vor SOP“ die *einmalig zu treffenden Maßnahmen*, um ein Produkt zur Serienreife zu bringen und den SOP vorzubereiten. Diese Maßnahmen finden *(kunden-)auftragsunabhängig* statt (vgl. auch Abbildung 3.1). Die Kundenauftragsplanung beinhaltet im Gegensatz hierzu eher bis zu einem gewissen Grad standardisierte, *immer wieder auftretende Maßnahmen*, die eine termingerechte Belieferung des Kunden mit dem von ihm bestellten Produkt zum Ziel haben.

3.3.3 Teilebasierte Planung

Das hier zu entwickelnde Konzept einer Logistikplanung vor SOP geht davon aus, dass die Logistikplanung *teile-* und damit letztlich *produktbasiert* ist. Das Produkt ist der Aus-

[23] Scheer unterscheidet bei der Geschäftsprozessmodellierung zwischen der Ebene der Geschäftsprozessprototypen und den individuellen Geschäftsprozessen, die als Ausprägungen oder Instanzen bezeichnet werden. Zwischen den beiden Ebenen besteht eine Klassen-Instanzen-Beziehung (vgl. Scheer (1998a), S. 27).

löser der logistischen Prozesse und beeinflusst die Strukturen und Prozesse maßgeblich. Alle logistischen Prozesse werden in Abhängigkeit vom Produkt betrachtet. Die Logistikplanung erstellt in Abhängigkeit des herzustellenden Produkts (Fahrzeug) und der für dieses Produkt zu beschaffenden Teile ein „passendes“ und kostenoptimales Logistikkonzept. Mit einer Variation des Produkts wird daher auch eine Variation des Logistikkonzepts erforderlich. Eine Beeinflussung kann aber durchaus auch wechselseitig stattfinden. Im Extremfall kann ein Fahrzeug auch „passend“ zum Logistik- und Produktionssystem entwickelt werden.

3.3.4 Prozessbasierte Planung

Die Logistikplanung arbeitet prozessorientiert und funktionsbereichsübergreifend als Querschnittsfunktion. Es werden die Prozessstrukturen für unterschiedliche Beschaffungsvarianten gestaltet und im Detail ausgeplant und spezifiziert (Material-, Informations- und Dokumentenfluss).

3.3.5 Kostenorientierte Planung

Als Entscheidungsgrundlage bei der Gestaltung eines Logistiksystems und zur Beurteilung verschiedener Planungsalternativen müssen die logistischen Flüsse in betriebswirtschaftlich relevanten Größen, also in Form von logistischen Kennzahlen und Kostengrößen, dargestellt werden.[24] Die Entscheidung für ein bestimmtes Anliefer- und Verpackungskonzept basiert auf dem funktionsbereichsübergreifend betrachteten Gesamtkostenoptimum. Die Logistikplanung muss in der Lage sein, die Logistikkosten schnell und begleitend zum Planungsprozess zu bewerten, damit die Kosten möglichen Einsparungen in anderen Bereichen der Supply Chain, beispielsweise an der Montagelinie, gegenübergestellt werden können. Dies wird durch das in Kapitel 4.4 zu entwickelnde Kalkulationsschema ermöglicht.

3.3.6 Engpasssensitive Planung

Da es sich bei den in einem Unternehmen vorhandenen logistischen Ressourcen, wie Personal, Flächen, Flurförderzeuge etc., um knappe Güter handelt, müssen Ressourcenkonkurrenzen aufgedeckt und bewertet werden können. Erst eine möglichst realistische und

[24] vgl. Klaus (1998), S. 72

vollständige Abbildung der Engpasssituation ermöglicht eine begründete Abwägungsentscheidung über den Ressourceneinsatz bereits im Vorfeld.

3.3.7 Integrierte Planung von Strukturen und Prozessen

Die Logistikplanung vor SOP versucht eine gleichzeitige Planung von Teil, Ressource und Prozess und geht damit über eine reine Prozessplanung hinaus, da wesentliche Strukturelemente des Logistiksystems, wie etwa Flächen und Behälter, nicht als Planungsprämissen akzeptiert, sondern im Verlauf der Planung in einem Zug mit den Logistikprozessen betrachtet und gegebenenfalls in Frage gestellt werden. Die Struktur- und die Prozessplanung erfolgen integriert. Die Interdependenz bei der Findung geeigneter Maßnahmen (Vernetzungsproblem), bei der jede Veränderung eines Prozesses Änderungen der Strukturen, der Ressourcen oder Änderungen in anderen Prozessketten nach sich zieht, ist das herausragende Problem der Logistikplanung vor SOP (vgl. Kapitel 4.3).[25] An dieser Stelle soll nicht die Machbarkeit einer solchen Simultanplanung diskutiert werden. Es ist zunächst lediglich festzuhalten, dass der Erfolg der Logistikplanung vor SOP eben darin besteht, die Abwägungsentscheidung zwischen diesen Variablen sorgfältig zu treffen.

3.4 Die Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

Nachdem der Begriff der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ im vorigen Kapitel abgegrenzt und definiert wurde, werden in diesem Kapitel die Aufgaben der Logistikplanungsabteilungen näher beschrieben, um ein genaueres Verständnis für den Anwendungsbereich zu bekommen.

Aufgabe der Logistikplanung ist es, den Dreiklang aus Produkt, Ressource und Prozess in Übereinstimmung zu bringen. Die Interdependenz bei der Findung geeigneter Maßnahmen (Vernetzungsproblem) ist das herausragende Problem der Logistikplanung vor SOP. Alle logistischen Prozesse werden in Abhängigkeit vom *Produkt* betrachtet. Die Struktur- und die Prozessplanung erfolgen *integriert*. Wesentliche Strukturelemente des Logistiksystems, wie etwa Flächen und Behälter, werden im Verlauf der Planung in einem Zug mit den Logistikprozessen betrachtet und gegebenenfalls in Frage gestellt werden.

[25] vgl. Bernemann (2002), S. 66

Das wichtigste Entscheidungskriterium für die Logistikplaner bildet jedoch die bedarfsgerechte Bereitstellung der Materialien für den internen Kunden, die Fertigung.[26] Daher bildet die *Montagelinie*, auf der das Produkt gefertigt werden soll, den *Bezugspunkt der Logistikplanung*. Dies wird als „line-back-Prinzip“ bezeichnet.[27] Der Logistikprozess wird ausgehend vom Arbeitsplatz an der Montagelinie „line-back“ über den Materialabruf, die Bereitstellung, das Wareneingangslager und den Transport bis zum Lieferanten geplant. Somit kann sichergestellt werden, dass am Ort der höchsten Wertschöpfung optimale Verhältnisse herrschen.

Eine Planung der logistischen Prozesse muss von innen nach außen stattfinden. Um eine optimale Prozessgestaltung zu ermöglichen, müssen an der Montagelinie gewisse Grundvoraussetzungen eingehalten werden. Beispielsweise müssen die Produktionsprozesse stabil ablaufen, damit auch ein konstanter Rohstofffluss eingerichtet werden kann.[28]

Die Arbeit eines Logistikplaners kann zusammenfassend als eine *Produkt- und Prozessgestaltung* bezeichnet werden.[29] Da das Produkt den Auslöser aller logistischen Prozesse darstellt und die logistischen Ressourcen, im Speziellen den Behälter, maßgeblich beeinflusst, werden alle logistischen Prozesse in Abhängigkeit vom Produkt betrachtet. Das Produktmodell wird in ein Prozessmodell überführt. Vor SOP ist es grundsätzlich möglich, durch konstruktive Änderungen der Teilegeometrien das nach SOP erreichbare Niveau der Logistikkosten zu senken sowie das Qualitätsniveau (keine Beschädigung durch Transport und Handhabung) zu erhöhen. Im Rahmen der Produktgestaltungsaufgaben ist es Aufgabe der Logistikplanung vor SOP, diese Verbesserungspotenziale zu identifizieren und die dazu erforderlichen Veränderungen der Teilegeometrie in enger Zusammenarbeit mit den weiteren Interessensgruppen durchzusetzen, um damit eine fertigungs- und *logistikgerechte Gestaltung des Produkts* zu ermöglichen.

Tabelle 3.3 stellt die Teilaufgaben der Logistik im Überblick dar, die im Folgenden detaillierter beschrieben werden.

Komplexitätsmanagement

Im Rahmen des Komplexitätsmanagements wird hauptsächlich die Anzahl der Varianten der einzelnen Bauteile überwacht. Wichtige Informationen liefert die Technische Entwicklung in Form von Variantenbäumen und mit den Informationen, warum die Bildung

[26] vgl. Helfrich (2002), S. 102
[27] vgl. Klug (2006), S. 187
[28] vgl. Ohno (1993), S. 39-40 und Liker/Meier (2006), S. 56ff.
[29] vgl. Helfrich (2002), S. 80

Aufgabe		Beschreibung
Produktgestaltung		Durch konstruktive Änderungen am Produkt soll das Niveau der Logistikkosten gesenkt und für eine fertigungs- und logistikgerechte Gestaltung des Produktes gesorgt werden.
	Komplexitätsmanagement	Die Anzahl der Teilevarianten wird verfolgt und es werden Vorschläge zur Variantenreduzierung erarbeitet.
	Änderungsmanagement	Änderungen an Teilen müssen verfolgt werden und deren Auswirkungen für die Logistik, beispielsweise durch notwendige Prozessänderungen oder Anpassungen am Behälter, müssen bewertet werden.
	Behälterplanung	Die Teile müssen verpackt werden. Wird ein Spezialbehälter für bestimmte Teile benötigt, müssen diese entwickelt und rechtzeitig beschafft werden.
Prozessgestaltung		Der Materialfluss wird line-back von der Montagelinie bis zum Lieferanten ausgeplant. Das Produktmodell wird in ein Prozessmodell überführt.
	Sourcing	Durch die grobe Definition des Anliefer- und Verpackungskonzeptes und die Ermittlung der resultierenden Frachtkosten für die Anlieferung, wird der Einkauf bei der Lieferantenauswahl unterstützt.
	Materialfluss planung	Die Anliefer- und Verpackungskonzepte und die Materialflüsse von der Montagelinie, über den internen Transport, die Lagerung und den externen Transport bis zum Lieferanten wird detailliert ausgeplant. Dabei werden auch die benötigten Ressourcen ermittelt.
	Logistikkostencontrolling	Die Logistikkosten (Frachten, Flächen, Personal, Investitionen) werden ermittelt und verfolgt.

Tabelle 3.3: Teilaufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

technischer Varianten nötig ist. Aufgabe der Logistikplanung ist es, die Anzahl der Varianten zu überwachen, die entstehenden Kosten in Form von Komplexitätskosten aufzuzeigen und als Treiber bei der Suche nach Möglichkeiten zur Variantenreduzierung zu fungieren.

Änderungsmanagement

Werden nach einem bestimmten Zeitpunkt in der Planung noch Änderungen am Fahrzeug oder an den Bauteilen vorgenommen, müssen diese ein Änderungsverfahren durchlaufen, damit sämtliche Bereiche über die Änderungen informiert sind und gegebenenfalls Auswirkungen melden können. Für die Logistikplanung sind hauptsächlich Änderungen der Varianz und der Teilegeometrie von Bedeutung. Erhöht sich die Anzahl der Varianten, muss eventuell ein anderes Anliefer- und Bereitstellungskonzept gewählt werden (vgl. Komplexitätsmanagement) oder es müssen Behälter nachbeschafft werden, da durch mehr Varianten mehr Behälter in den Lagern gebunden sind. Eine Veränderung der Teilegeometrie ist vor allem bei Spezialbehältern von Bedeutung, da diese eventuell Anpassungen am Behälter notwendig machen.

Behälterplanung

Im Rahmen des Behälterplanungsprozesses muss entschieden werden, ob ein Spezialbehälter (meist für qualitativ hochwertige und empfindliche Teile) eingesetzt werden muss

oder ob ein Standardbehälter für den Transport ausreicht.[30] Ein weiteres Ziel liegt in der Wiederverwendung von Behältern. Da die Beschaffung von Spezialbehältern in der Regel mit erheblichen Investitionen verbunden ist, sollten nach Möglichkeit Standardbehälter genutzt werden. Diese sollten optimal befüllt sein, um so die Transportvolumina einerseits und die Materialbereitstellung an der Montagelinie andererseits zu optimieren.

Unterstützung des Vergabeprozesses

Während des Vergabeprozesses erfolgt die Auswahl eines oder mehrerer Lieferanten nach vorgegebenen Auswahlkriterien, wie Qualität, Preis und Liefertreue. Hier unterstützt die Logistikplanung die Beschaffung durch die Erstellung eines Anlieferkonzepts und die Ermittlung der Transportkosten. Nur auf Basis des Stückpreises in Verbindung mit den Transportkosten kann der günstigste Lieferant ausgewählt werden.

Materialflussplanung

Die Materialflussplanung umfasst die Analyse, Planung und Gestaltung der gesamten Logistikkette vom Lieferanten, über den Transport und die Lagerung bis zum Verbauort sowie den Rücktransport des Leergutes. Dabei muss ein geeignetes Anlieferkonzept definiert und die benötigten Ressourcen (Fördermittel, Lagerflächen, Behälter, Betriebsmittel und Personal) zugeordnet werden.[31] Auf Basis dieser den Bauteilen und Prozessen zugeordneten Ressourcenverbräuche lassen sich die Logistikkosten ableiten.

Logistikkostencontrolling

Die Einhaltung der auf Basis der Bewertung vorgegebenen Ziele für ein bestimmtes Fahrzeugprojekt muss über den Produktlebenszyklus hinweg verfolgt werden. Abweichungen (nach oben und nach unten) sind aufzuzeigen und zu plausibilisieren. Wichtige Eingangsdaten sind die vorgegebenen Zielwerte. Der aktuelle Stand der Personalkosten (Handlingszeiten), der Investitionen, der externen Logistikkosten und der Flächenbedarfe im Werk ist zu überwachen und zu dokumentieren. Diese Informationen entstammen hauptsächlich der Materialfluss- und der Behälterplanung.

[30] vgl. Bierwirth (2004), S. 72-73
[31] vgl. Arnold (2003), S. 225

Durch die Analyse dieser Aufgaben aus den verschiedenen in den vorherigen Kapiteln dargestellten Blickwinkeln können die für eine Erfüllung dieser Aufgaben benötigten Daten und Informationen abgeleitet werden. Dies liefert wichtige Hinweise für das in den folgenden Kapiteln zu erstellende Geschäftsprozessreferenzmodell, das als Basis für ein softwaregestütztes Planungswerkzeug dienen soll. Im Weiteren liegt der Fokus auf den Teilaufgaben der *Materialflussplanung* und einem *Teilbereich der Behälterplanung*. Diese beiden Handlungsfelder weisen eine starke Verzahnung auf, und es müssen immer wiederkehrende Rückkopplungsschleifen zwischen diesen beiden, meist auf unterschiedliche Personen verteilten Aufgabengebieten, unterstützt werden.

3.5 Analyse der Delphi-Studie

Um mehr Erkenntnisse über die Anforderungen an ein Planungswerkzeug zur Unterstützung der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ zu sammeln, wurde eine Delphi-Studie durchgeführt.

In den weiteren Ausführungen werden die wichtigsten Ergebnisse der Delphi-Studie vorgestellt und interpretiert. Detailliertere Darstellungen der Antworten der befragten Experten finden sich zu jeder Teilaufgabe im Anhang.

3.5.1 Erfassung der Aufgaben und Anforderungen mit Hilfe einer Delphi-Studie

Eine wichtige Grundlage zur Wissensermittlung im Anwendungsbereich bildet in dieser Arbeit eine strukturierte, intensive Befragung verschiedener Experten aus unterschiedlichen Bereichen der Logistikplanung der AUDI AG in Form einer *Delphi-Studie*. Damit werden die Erkenntnisse über die Aufgaben des Anwendungsbereichs vertieft und erste Anforderungen an eine softwaretechnische Unterstützung ermittelt und priorisiert.

Grundlagen einer Delphi-Studie

Eine Delphi-Studie ist ein Verfahren, das Anfang der 50er Jahre zur Unterstützung militärstrategischer Planungen entwickelt wurde und zur Strukturierung einer Gruppendiskussion über ein komplexes Problem dient. Eine Delphi-Studie ist ein Instrument zur vorausschauenden Erkennung längerfristiger Trends in der Wissenschafts- und Technikentwick-

lung.[32] Delphi-Befragungen stellen eine spezifische Form der Gruppenkommunikation dar und dienen der Bearbeitung spezieller Fragestellungen.[33] Im Rahmen eines strukturierten Gruppenkommunikationsprozesses werden Sachverhalte, über die unsicheres und unvollständiges Wissen existiert, von Experten beurteilt und spezielle Fragestellungen erforscht.[34] Dies geschieht mit Hilfe einer systematischen, wiederholten Fragebogenaktion, in der in den Wiederholungsschleifen zusammengefasste Informationen sowie anonymisiertes Feedback über die Meinungen der anderen Teilnehmer eingestreut wird.[35] Konsensbildung und die Verhinderung einer Meinungsführerschaft sind weitere Merkmale dieses Befragungstyps.[36]

Charakteristische Merkmale für das Design einer Delphi-Befragung sind:[37]

- Befragung von Experten aus dem Problembereich
- Einsatz eines formalisierten Fragebogens
- Anonymität der einzelnen Antworten
- Ermittlung einer statistischen Gruppenantwort
- Information der Teilnehmer über diese Gruppenantwort (Feedback)
- Wiederholung der Befragung

Ziel der Delphi-Befragung ist die Ermittlung der Ansichten einer konkret bestimmbaren Expertengruppe über einen komplexen Sachverhalt gezielte Schlussfolgerungen abzuleiten und die Kommunikation über die Zukunft und ihre aktive Gestaltung in den Vordergrund zu stellen.[38] Der große Vorteil der Delphi-Befragung liegt in dem anonymen Feedback, welches einen erheblichen Beitrag zu einer qualifizierten Problemlösung liefert. Ohne anonyme Rückkopplung und ohne erneute Schätzungen sind keine Verbesserungen in den Urteilen zu erwarten.[39] Ein Nachteil ist jedoch der im Allgemeinen relativ hohe Zeitaufwand, der durch das Feedback und die erneute Befragung entsteht.

[32] vgl. Gordon/Helmer (1964) und Linstone/Turoff (1975), S. 3
[33] vgl. Häder (2002), S. 19
[34] vgl. Häder/Häder (1995), S. 12
[35] vgl. Murry/Hammons (1995), S. 425
[36] vgl. Häder (2002), S. 21
[37] vgl. Häder/Häder (1995), S. 12
[38] vgl. Cuhls (2000), S. 7
[39] vgl. Häder (2002), S. 59

Auswahl der Experten

Ein wesentliches Kriterium, von dem die Güte der Ergebnisse abhängt, ist die Auswahl der Experten und die Gruppengröße. Die minimale Teilnehmerzahl beträgt zehn.[40] Trotz dieser relativ kleinen Panelgröße ist die Reliabilität von Delphi-Ergebnissen gegeben.[41] Grundsätzlich können die Teilnehmer sowohl auf Grund einer Totalerhebung als auch mit Hilfe einer bewussten Auswahl rekrutiert werden.[42] Häufig werden die Teilnehmer nach bestimmten Quoten ausgewählt, um so die volle Bandbreite an Fachkenntnissen abzudecken. Für die vorliegende Delphi-Studie wurden 16 Experten aus verschiedenen Hierarchiestufen mit unterschiedlichen Tätigkeitsbereichen innerhalb der Logistikplanung der AUDI AG ausgewählt. Die Gruppe bestand zu einem Viertel aus Managern und zu drei Vierteln aus Planern, da dies der voraussichtlichen Nutzung des Planungswerkzeugs entspricht. Des Weiteren wurden vier Fahrzeugprojektkoordinatoren, vier Prozessplaner, zwei Behälterplaner und zwei IT-Fachleute (Rolle Administrator) ausgewählt.[43] Die Teilnehmer der Studie stammen aus verschiedenen Standorten und Organisationseinheiten, um auch abteilungs- und standortübergreifend unterschiedliche Anforderungen aufnehmen zu können.

Aufbau des Fragebogens

Ein weiteres wichtiges Kriterium für den Erfolg einer Delphi-Studie stellt der Aufbau der Fragebogen dar. Die Fragen sollten verständlich gestellt sein. Suggestive sowie stereotype Formulierungen sind zu vermeiden.[44] Es kommen sowohl geschlossene als auch offene Fragen zum Einsatz. Die Beantwortung der Fragebögen wurde von einem teilstrukturierten Interview begleitet, da somit Nachfragen möglich waren und eine 100 Prozent-Rücklaufquote erzielt werden konnte.

Der Fragebogen für die 1. Befragungsrunde der Befragung ist in drei Blöcke aufgeteilt:[45]

- Block A (Aktuelle Nutzung) dient als Einführung in das Thema und liefert eine Basis zur Einschätzung der allgemeinen Erwartungen an das Planungswerkzeug.

[40] vgl. Parenté/Anderson-Parenté (1987), S. 149
[41] vgl. Duffield (1993), S. 236
[42] vgl. Häder (2002), S. 103
[43] Zur Bezeichnung und Funktion der genannten Rollen sei an dieser Stelle auf Kapitel 5.4 verwiesen.
[44] vgl. Kirchhoff et al. (2003), S. 21
[45] Die Fragebögen zu beiden Befragungsrunden befinden sich im Anhang A bzw. B.

- Block B (Handlungsfelder und Planungsphasen) soll in der ersten Runde die sich innerhalb der jeweiligen Handlungsfelder in den verschiedenen Planungsphasen ergebenden Anforderungen an die Weiterentwicklung das Planungswerkzeug ermitteln. Die Aufteilung der Fragen orientiert sich dabei an den in Tabelle 3.3 dargestellten Teilaufgaben oder Handlungsfeldern der Logistikplanung vor SOP. Durch die offene Gestaltung der Fragen kann die erste Befragungsrunde als eine Art Ideensammlung (brain storming) angesehen werden. Es wurde für jedes Handlungsfeld nach den Unterstützungspotenzialen, nach der vorhandenen Unterstützung, nach den Nutzen- bzw. Optimierungspotenzialen sowie nach den Umsetzungspotenzialen gefragt. Potenziale können dabei grundsätzlich monetärer, zeitlicher und qualitativer Natur sein. Außerdem wurde von den Teilnehmern die Bedeutung einer softwaretechnischen Umsetzung über alle Handlungsfelder bewertet und eine Priorisierung der Umsetzung in den Planungsphasen vorgenommen.

- Block C (Offener Teil) dient der Erfassung allgemeiner Aussagen zu einer systemtechnischen Unterstützung des Logistikplanungsprozesses, aus denen sich wiederum Anforderungen ableiten lassen.

Vor Beginn der eigentlichen Erhebung muss der Fragebogen einem Pretest unterzogen werden, um so die Funktionsfähigkeit des Studiendesigns zu überprüfen.[46] Es wird sichergestellt, dass die Fragen verständlich formuliert sind, der Befragte keine Probleme mit seiner Aufgabe hat und dass die Zeitdauer der Befragung ausreicht.[47] Bei der Erhebung selbst ist die Anonymität der Teilnehmer von großer Bedeutung. Den Teilnehmern wurde dies zugesichert.

In der zweiten Befragungsrunde wurden die in der ersten Befragungsrunde erfassten Problemfelder und *Anforderungen* mit Hilfe von Ratingskalen priorisiert. Die Vergabe von Rangnummern für einzelne Anforderungen, anhand derer dann die Punktezahl in den Fragebogen eingetragen wurde, hat sich als die geeignetste Vorgehensweise herausgestellt. Weiterhin sollte die Bedeutung einer softwaretechnischen Umsetzung in den verschiedenen Planungsphasen bewertet werden. Für die im offenen Teil der ersten Runde ermittelten Anforderungen waren in der zweiten Runde Rangplätze zu vergeben, um ableiten zu können, wo der größte Handlungsbedarf besteht.

[46] vgl. Porst (2000), S. 64-65
[47] vgl. Kromrey (1998), S. 360

3.5.2 Allgemeine Erwartungen an ein Planungswerkzeug für die „taktische Logistikplanung vor SOP“

Zunächst wurde im Fragenblock A die Frage gestellt, ob eine softwaretechnische Unterstützung des logistischen Planungsprozesses für dringend *notwendig* erachtet wird, was alle Befragten bejahten und sich bei dieser Einschätzung sehr sicher (93,75 %) bzw. sicher (6,25 %) waren. Als Gründe hierfür wurden die Notwendigkeit einer „konsistenten und einheitlichen Datenverarbeitung sowie Datenbasis“ (62,50 %), „steigende Komplexität bzw. Variantenvielfalt“ (50 %), eine „höhere Planungsqualität und -sicherheit“ (25 %), die „Standardisierung des Planungsprozesses“ (25 %) und die „wachsende Informations- und Datenflut“ (18,75 %) genannt.[48]

Auf die Frage nach den *Erwartungen* zur Nutzung eines softwaregestützten Planungswerkzeugs[49] stand die Ableitung von Ergebnissen in Form von Auswertungsmöglichkeiten an oberster Stelle (43,75 %). Mit dieser Datenbasis müssen vielfältige Auswertungen und Analysen möglich sein, um schnell und flexibel Antworten auf verschiedenste im Laufe eines Planungsprozesses auftretende Fragestellungen finden zu können. Ein Viertel nannte die Vermeidung von Doppelpflege durch die heterogene Systemlandschaft und die vielen zu pflegenden Tabellen und Listen als wichtigen Punkt. Wichtige Kennzahlen, wie Handlingszeiten, Umschläge, Einbauraten, Investitionen und Beschaffungsnebenkosten, sollen durch das Planungswerkzeug ausgegeben und verfolgt werden (25 %). Schnittstellen zu operativen Systemen tragen dazu bei die Informationsbasis zu verbessern und den Arbeitsaufwand für die Planer zu senken. Weiterhin soll das Planungswerkzeug in allen Planungsphasen eingesetzt werden können, damit die Planungsdaten übergeben und weitergenutzt werden können (je 18,75 %).

Unter funktionalen Aspekten erwarten nahezu drei Viertel der Befragten (62,50 %) eine Möglichkeit im Rahmen der Planung schnell verschiedene Planungsalternativen betrachten und bewerten zu können.

3.5.3 Anforderungen im Rahmen der Teilaufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

Im Fragenblock B finden sich die zentralen Fragen zur Ableitung der Anforderungen an ein Planungswerkzeug. Die Fragen wurden analog der in Tabelle 3.3 dargestellten

[48] Die Reihung der Antworten basiert auf der Antworthäufigkeit, wobei Mehrfachnennungen möglich sind. Der Prozentanteil ergibt sich aus den Antworten der 16 Befragten.
[49] Auswertung siehe Anhang

Teilaufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ gegliedert. Die Handlungsfelder sollten bezüglich der Bedeutung einer softwaretechnischen Umsetzung priorisiert werden. Als wichtigstes Handlungsfeld wurde von den Experten die *Materialflussplanung* in einer Konzept- und Feinplanungsphase (38 Punkte) ermittelt.[50] Daran anschließend wurden das *Logistikkostencontrolling und die Handlingszeitenplanung* (28 Punkte), sowie die *Behälterplanung* (23 Punkte), jeweils auch in einer Konzept- und Feinplanungsphase genannt. Deutlich weniger dringend wird eine Unterstützung für das Komplexitäts- und Änderungsmanagement in der strategischen Planungsphase, der Konzept- und der Feinplanungsphase (8 Punkte) und für den Vergabeprozess (3 Punkte) gesehen.

Materialflussplanung

In einem weiteren Schritt wurden die Experten nach den Anforderungen gefragt, die in verschiedenen Planungsphasen an ein Planungswerkzeug zu stellen sind. Es wird erwartet, dass die Anforderungen je nach Planungsphase in Bezug auf die Funktionen, die benötigten Daten und den Aggregationsgrad der Daten unterschiedlich sind. Soll das Werkzeug über alle Planungsphasen eingesetzt werden können, so müssen auch alle diese unterschiedlichen Anforderungen abgedeckt werden.

In der Phase der *Strategischen Planung* bildet die Ableitung eines Grobkonzepts die wichtigste Anforderung. Es müssen erste Kostenabschätzungen getroffen werden können. In sehr frühen Planungsphasen sollte dabei unter Rückgriff auf das Vorgängermodell auch ohne vollständig vorhandene technische Stückliste das gesamte Fahrzeug für die Logistik abgebildet werden können. Ferner wurden die Bewertung von Standorten und Alternativen (20 %) sowie die Abbildung des Werklayouts (10 %) als wichtige Eingangsinformationen für die Planung genannt.

In einer *Konzeptplanungsphase* ist es wichtig, alternative Anlieferkonzepte abbilden und deren Auswirkungen auf die Kostentreiber abschätzen zu können. Es ist notwendig die Ergebnisse des Zielbildungsprozesses festzuhalten, da diese Zielvorgaben für die Planer bilden. Ziele werden für die Handlingszeiten, die Beschaffungsnebenkosten und die Flächen vorgegeben. Diese sind dann im Rahmen einer weiteren Detaillierung der Planung zu verfolgen. Eine wichtige Aufgabe bildet die Ermittlung der Flächenbedarfe (66,67 %). Simulation sollte als Werkzeug zur Verifizierung der Planungsergebnisse eingesetzt werden, jedoch sehen ca. 55 % der Experten den punktuellen Einsatz für spezielle Fragestellungen als ausreichend an.

[50] Es wurde eine Ratingskala von null bis drei eingesetzt. Damit ergab sich bei 16 Antworten eine maximale Punktezahl von 48. Dieses Vorgehen wird analog für die weiteren Bewertungen angewandt.

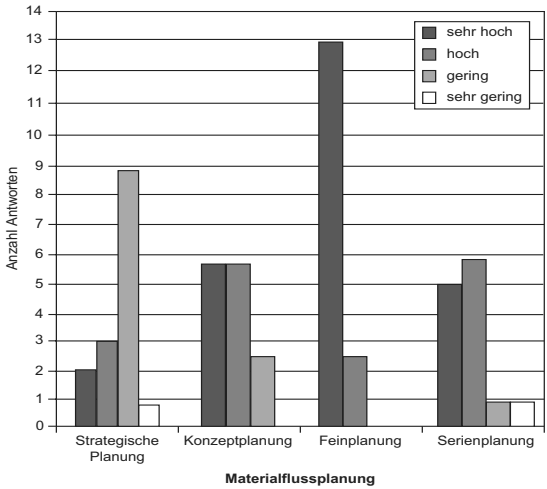

Abbildung 3.2: Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung der Materialflussplanung im Planungsprozess

Während der *Feinplanung* wird als die wichtigste Anforderung die Planung und die Kontrolle der logistischen Handlingszeiten genannt. Einen weiteren wichtigen Punkt bildet die Anbindung an die Materialbereitstellungsplanung, also die intensive Vernetzung mit der Fertigungsplanung. Weiterhin wurden die Pflege und Dokumentation der Materialströme, die Detaillierung der Flächenbedarfe sowie die Ausplanung einer Planungsalternative für ein komplettes Fahrzeug mit Berichtswesen identifiziert (jeweils zu 16,67 %). Somit lässt sich feststellen, dass die Anforderungen in dieser Phase den Anforderungen der Konzeptplanungsphase stark ähneln, jedoch für die Aufgaben ein wesentlich höherer Detaillierungsgrad gefordert wird.

Für den Übergang zur Serienphase nennen beinahe 90 % die Übergabe der Planungsdaten an die operativen Systeme sowie die Dokumentation von Veränderungen als wichtigste Anforderung. Des Weiteren wurden die komplette Abbildung und Simulation des Materialflusses sowie ein Berichtswesen genannt.[51]

Grundsätzliche Anforderungen über alle Planungsphasen sind die durchgängige Dokumentation und Detaillierung der Daten, eine Änderungsverfolgung und die Bereinigung um nicht mehr benötigte Daten.

Es zeigt sich, dass die Bedeutung einer Umsetzung in der Strategischen Planung als gering eingeschätzt wird. Allerdings wird die Bedeutung in dieser Phase durch das Management

[51] Auswertung siehe Anhang

als erheblich höher eingeschätzt als durch die Planer. Eine Unterstützung der Konzeptplanungsphase wird als wichtig erachtet, wobei die Feinplanung eindeutig als wichtigste Umsetzungsphase identifiziert wurde. Aber auch während der Serienphase wird eine Unterstützung für wichtig gehalten, wie Abbildung 3.2 deutlich macht.

Logistikkostencontrolling und Handlingszeitplanung

In der Phase der *Strategischen Planung* wird bezüglich der Logistikkosten und der Handlingszeitenplanung das Ziel verfolgt, aus dem Vorgängermodell Kosten für den Nachfolger abschätzen und erste Budgets festlegen zu können. Dies gilt auch für die Schätzung der Handlingszeitbedarfe.

Hauptgegenstand der *Konzeptplanungsphase* bildet die Bestimmung von Zielen und die Kapazitätsplanung. Als sehr wichtig werden auch Vergleichsmöglichkeiten mit Vorgänger- oder Referenzfahrzeugen sowie Berichte über Veränderungen angesehen.

In der *Feinplanungsphase* müssen die Kosten detailliert ausgeplant und verfolgt werden. Dies gilt für die Prozesskosten, eine detaillierte Herleitung der Handlingszeiten und eine Bestimmung der Frachtkosten für die externen Transporte von den Lieferanten.

Die Verfolgung der Kosten und Auswertung bezüglich der vorgegeben Ziele steht auch in der *Serienphase* im Mittelpunkt. Der Detaillierungsgrad der Daten nimmt mit dem Fortschritt der Planung stetig zu.[52]

Zusammenfassend lässt sich die Forderung nach einer Prozesskostenrechnung ableiten. Diese sollte Frachten, Flächenbedarfe sowie Handlingszeiten beinhalten, um hieraus die jeweiligen Kosten für Transporte, Flächen, Personal, Betriebsmittel und Investitionen ableiten zu können. Dies muss über die gesamte Prozesskette sowohl auf der Teileebene als auch auf der Ebene eines kompletten Fahrzeugprojekts möglich sein. Wie Abbildung 3.3 zeigt, wird die Darstellung und Vergleichbarkeit der Kosten, wenn auch auf unterschiedlichen Aggregationsstufen, über alle Planungsphasen als sehr wichtig eingeschätzt. Allerdings zeigt sich auch hier, dass eine softwaretechnische Unterstützung in Phase der Feinplanung am wichtigsten ist.

Behälterplanung

Für die *Strategische Planung* wurden für die Teilaufgabe der Behälterplanung folgende Anforderungen ermittelt: Die Hauptanforderung bildet die Kostenabschätzung für die

[52] Auswertung siehe Anhang

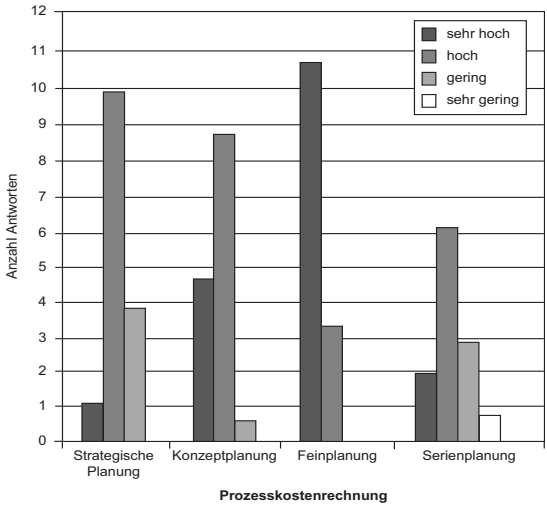

Abbildung 3.3: Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung der Prozesskostenrechnung im Planungsprozess

Spezialbehälter. Auf Basis der in dem Planungswerkzeug vorhandenen Daten des Vorgängermodells kann abgeschätzt werden, in welcher Höhe Investitionen für Behälter eines Nachfolgemodells benötigt werden. Als zweitwichtigste Anforderung wurde die Vergleichsmöglichkeit zu Vorgängermodellen und als letztes schließlich die Identifikation von „Best-Practise“-Behälterkonzepten genannt.

Auch in der *Konzeptplanung* bildet die Kostenabschätzung die wichtigste Anforderung. Weiterhin wird eine Detailbewertung und die Festlegung von Zielen, die Verfügbarkeit technischer Daten sowie eine CAD-unterstützte Konzepterstellung gefordert. Hier wird argumentiert, dass detaillierte Kostenabschätzungen für einzelne Behälter und Konzeptvergleiche bzw. die Neuerstellung von Behälterkonzepten durch CAD-orientierte Werkzeuge unterstützt werden sollte. Der CAD-gestützte Behälterkonstruktionsprozess ist jedoch nicht Betrachtungsgegenstand dieser Arbeit.

In der Phase der *Feinplanung* müssen die Kosten verfolgt werden können. Es kommt die Notwendigkeit hinzu, den Entwicklungsfortschritt in Form von diversen für die Behälterentwicklung relevanten Meilensteinen zu kontrollieren. Ab ca. 12 Monate vor SOP muss die Auslieferung der Behälter in Form von Lieferlosen geplant überwacht werden können. Des Weiteren sollten Änderungen der Planungsprämissen und der technischen Anforderungen dokumentiert werden können.

Die Unterstützungsanforderungen im Bereich der Behälterplanung sind nach SOP relativ

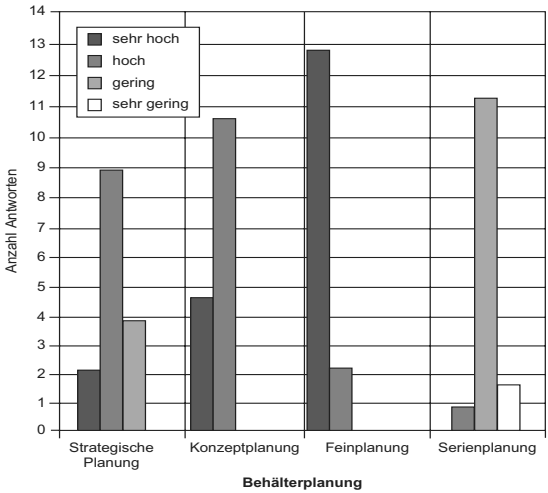

Abbildung 3.4: Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung der Behälterplanung im Planungsprozess

begrenzt. Hauptanforderung ist eine Anbindung an operative Systeme, um eine Datengrundlage für ein neues Fahrzeugprojekt zu schaffen.[53]

Auch hier lässt sich feststellen, dass eine Unterstützung während der Konzept- und Feinplanung Priorität hat. Auffällig ist, dass die Bedeutung während der Serienphase als gering eingeschätzt wird. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass für diesen Aufgabenbereich eine ausreichende Unterstützung während des Serienbetriebes durch vorhandene Systeme gegeben ist.

Komplexitäts- und Änderungsmanagement

Der Nutzen einer softwaretechnischen Unterstützung liegt in der *Strategischen Planungsphase* hauptsächlich in der Identifikation der wichtigsten Teile, in diesem Fall also der Bauteile, die üblicherweise die höchste Varianz aufweisen, und im Vergleich mit einem Vorgänger- bzw. Referenzfahrzeug.

In der Konzept- und Feinplanung liegt der Fokus auf der Verfolgung der Varianz und der Festlegung von Zielwerten bzw. Sequenziergrenzen. Die Sequenziergrenze stellt die für ein bestimmtes Bauteil maximal prozesssicher an der Montagelinie bereitstellbare Anzahl

[53] Auswertung siehe Anhang

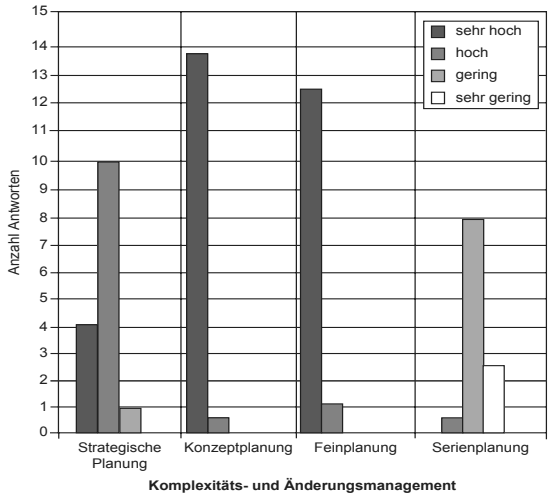

Abbildung 3.5: Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung des Komplexitäts- und Änderungsmanagements im Planungsprozess

von Varianten dar. Wird diese Anzahl überschritten, muss ein anderes Anlieferkonzept, wie etwa eine Sequenzierung, gewählt werden.

In der Serienphase liegt die Hauptanforderung darin, die Daten zu dokumentieren und diese Daten aktuell zu halten, um hieraus eine Planungsgrundlage für ein neues Fahrzeugprojekt zu schaffen.[54]

Der Fokus im Bereich des Komplexitäts- und Änderungsmanagement liegt eindeutig in einer Konzept- und Feinplanungsphase.

Unterstützung des Vergabeprozesses

Im Bereich des Vergabeprozesses halten im Gegensatz zu den anderen Handlungsfeldern ein Viertel der befragten Experten eine softwaretechnische Unterstützung für nicht notwendig.

Anforderungen im Rahmen der *Strategischen Planung* sind die Kostenbewertungen sowie die durchgängige Dokumentation der Daten. Dahinter folgt die Verfügbarkeit von Daten für eine Volumenstromplanung sowie die Abschätzung und Bewertung von Trends.

[54] Auswertung siehe Anhang

Für alle weiteren Planungsphasen ergibt sich ein sehr ähnliches Anforderungsprofil. Die Dokumentation, Archivierung und Verfolgung von Veränderungen stehen im Mittelpunkt der Betrachtung. Während der Konzeptplanungsphase sollte die Lieferantenauswahl unterstützt werden, während dann in der Feinplanungsphase die Konsolidierung und Bündelung von Transporten von den Lieferanten als Aufgabe unterstützt werden sollte. Während der Serienphase spielen Standortwechsel der Lieferanten eine wichtige Rolle und sollten erkannt und bewertet werden können.[55]

Bei der Beurteilung der Bedeutung der Umsetzung eines Planungswerkzeugs für die Teilaufgabe der Unterstützung des Vergabeprozesses durch die Logistik konnte eine sehr hohe Streuung des Ergebnisses beobachtet werden. In der Strategischen Planungsphase bewerteten jeweils 42,86 % die Bedeutung einer Umsetzung als hoch bzw. sehr gering. Drei Viertel der Manager erachten eine solche Bedeutung als hoch, während alle Planer diese als sehr gering einschätzen. Dies lässt ein unterschiedliches Informationsbedürfnis in dieser frühen Phase vermuten. Die Daten, die in einem Planungswerkzeug gesammelt vorliegen, könnten wohl die Basis für die gewünschte Ermittelung und Abschätzung von Trends beispielsweise in der Verlagerung von Lieferantenstandorten bilden. Dies stellt aber eher ein Problem der Datenanalyse dar und würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Die Konzeptphase wurde als wichtigste Umsetzungsphase ermittelt. Dort beurteilen 50 % der Experten die Bedeutung als hoch. Insgesamt wird aber eine Umsetzung einer softwaretechnischen Unterstützung für diese Teilaufgabe zunächst zurückgestellt.

3.5.4 Zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse der Delphi-Studie

Zusammenfassend lässt sich aus der Delphi-Studie ableiten, dass die Aufgaben der Materialflussplanung und der Bestimmung der Logistikkosten jeweils in der Phase der Feinplanung den höchsten Unterstützungsbedarf aufweisen. Es müssen teilespezifisch unterschiedliche Anlieferkonzepte abgebildet und die Auswirkungen auf die Kostentreiber abgeschätzt werden können. Eine detaillierte Herleitung und Verfolgung der logistischen Prozesskosten wird verlangt. Der geforderte Detaillierungsgrad der Planungsdaten und der Auswertungen nimmt zum SOP hin zu. Für die Aufgabe der Behälterplanung ist vor allem eine Unterstützung zur Ermittlung und Verfolgung der Entwicklungs- und Beschaffungskosten von Spezialbehältern zu ermöglichen.

Da die beiden Teilaufgaben des Komplexitäts- und Änderungsmanagements und der Unterstützung des Vergabeprozesses im Vergleich zu den bisher beschriebenen Aufgaben-

[55] Auswertung siehe Anhang

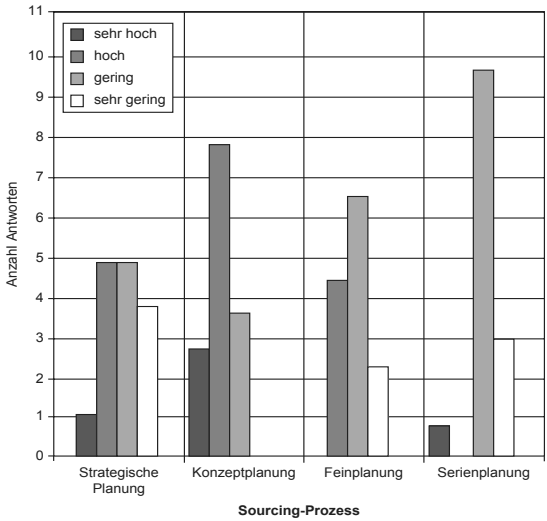

Abbildung 3.6: Bedeutung einer softwaretechnischen Unterstützung des Vergabeprozesses im Planungsprozess

bereichen als weniger wichtig eingeschätzt wurden, liegt der Fokus dieser Arbeit vor allem auf dem Zusammenspiel zwischen der Materialflussplanung und dem nicht CAD-gestützten Teilbereich der Behälterplanung, der die Verwaltung von Behälterstammdaten, die Ermittlung der Beschaffungskosten und der Lieferlosplanung umfasst.

Während der Durchführung der Delphi-Studie hat sich gezeigt, dass die Befragten kaum eine Vorstellung davon haben, wie ein künftiges Planungswerkzeug für die Logistik vor SOP aussehen könnte und auch nur sehr vage beschreiben können, welche softwarebasierte Unterstützung sie benötigen. Die Anforderungen an ein zu erstellendes softwaregestütztes Planungswerkzeug mussten daher schrittweise für einzelne Teilprojekte in interdisziplinärer Zusammenarbeit erhoben und auf Basis von Prototypen oder bereits im produktiven Einsatz befindlichen Modulen der Planungssoftware im Lauf mehrerer Jahre fortentwickelt werden.

Die Beschreibung der Aufgaben des Anwendungsbereichs ist jedoch wichtig, um die Probleme und das Umfeld zu verstehen. Die bisher vorgenommene Beschreibung der Aufgaben allein ist aber als Basis für die Umsetzung eines Planungswerkzeugs nicht ausreichend. Es muss ein *Geschäftsprozessreferenzmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“* erstellt werden, wie dies in den Kapiteln 4 und 5 geschieht, um auf dieser Grundlage die Anforderungen an ein Planungswerkzeug systematisch ableiten zu können.

4 Strategische Geschäftsprozessanalyse auf der Ebene des Geschäftsmodells

Im Rahmen dieses Kapitels wird die „taktische Logistikplanung vor SOP“ auf der eher allgemeinen und strategischen Ebene eines *Geschäftsmodells* beschrieben. Auf dieser Ebene wird aus der betriebswirtschaftlichen Problemstellung abgeleitet gezeigt, wie mit den aktuellen und künftigen Herausforderungen der Logistik umgegangen werden soll.

In Kapitel 4.2 werden die *informationstechnischen Voraussetzungen* beschrieben, die zu einer softwarebasierten Unterstützung der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ notwendig sind.

Die Abbildung von Logistiksystemen in einem Planungswerkzeug erfolgt in Form von *Prozesskettenmodellen* (vgl. Kapitel 4.3). Dies ermöglicht die Konfiguration eines Logistiksystems.

Im Kapitel 4.4 wird ein betriebswirtschaftlich-fundiertes *analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell* auf Basis einer zukunftsbezogenen Prozesskostenrechnung entwickelt, das zur planungsbegleitenden Ermittlung der Logistikkosten und zur Beurteilung der logistischen Planungsalternativen erforderlich ist.

Die *Soll-Planungsabläufe* in der Logistik vor SOP werden in Form eines Übersichtsmodells skizziert und erläutern den Einsatz des entwickelten Kalkulationsschemas (vgl. Kapitel 4.5).

4.1 Methodische Grundlagen zur Beschreibung eines Geschäftsmodells

Die Veränderung von Geschäftsprozessen hat meist die Anpassung der diese unterstützenden Informationstechnologie zur Folge. Diese Neugestaltung der Prozesse bis zur Weiterentwicklung der Anwendungssysteme findet auf vier Gestaltungsebenen statt.[1] Im Rahmen dieser Arbeit werden die ersten beiden Ebenen betrachtet:

[1] in Anlehnung an Schienmann (2002), S. 306-310

- Auf der strategischen Ebene des *Geschäftsmodells* wird beschrieben, wie mit den aktuellen und künftigen Herausforderungen umgegangen und welche Produkte und Leistungen künftig erbracht werden sollen.

- Auf der Ebene der *Geschäftsprozesse* wird das Geschäftsmodells in (Soll-)Geschäftsprozesse übertragen. Es wird fixiert, wie die Abläufe gestaltet werden sollten, um die Vorgaben des Geschäftsmodells umsetzen zu können.

- Auf der Ebene der *Anwendungen* wird die Anwendungslandschaft festgelegt, welche Anwendungen also mit welchen Funktionalitäten zur Unterstützung der Geschäftsprozesse notwendig sind.

- Aus welchen Komponenten oder Anwendungsbausteinen diese Anwendungen zusammengesetzt werden können, wird auf der Ebene der *Anwendungsbausteine* bestimmt.

Die ganzheitliche Gestaltung und Strukturierung der Geschäftsprozesse eines Unternehmens ist das Ziel des *Business Engineering*.[2] Business Engineering ist notwendig, um neue Herausforderungen schnell und erfolgreich bewältigen zu können.[3]

Auf der *Ebene des Geschäftsmodells* werden, wie bereits in Kapitel 2.3.3 dargestellt, die strategischen und betriebswirtschaftlichen Rahmenbedingungen für die Systemgestaltung in natürlicher Sprache festgehalten. Es soll gezeigt werden, wie die Logistikplanung mit den künftigen Herausforderungen umgehen kann und wie die methodische Unterstützung der Planung rationalisiert und standardisiert werden kann.

Einen Methodenbaustein bilden die *Prozesskettenmodelle*. Zur Darstellung der Soll-Planungsabläufe in der Logistik vor SOP werden *Wertschöpfungskettendiagramme* eingesetzt, die eine abstrakte und grundsätzliche Beschreibung der Geschäftsprozesse ermöglichen.[4] Basierend auf dem Wertschöpfungskettendiagramm von Porter werden die primären, also die direkt an der Erstellung der Leistungen beteiligten Aktivitäten in ihrem Wertschöpfungszusammenhang betrachtet. Hieraus ergibt sich eine grobe Prozessstruktur als ein erster Einstieg in die Prozessorganisation. Die sekundären Unterstützungsaktivitäten unterstützen die primären Aktivitäten durch Steuerungsmaßnahmen und Infrastruktur.[5] Die Grundlagen der Prozesskostenrechnung werden ausführlich in Kapitel 4.4 erläutert.

[2] Im Rahmen dieser Arbeit wird nicht zwischen Business Engineering und Business Process Reengineering unterschieden.
[3] vgl. Schienmann (2002), S. 305
[4] vgl. Bröhl (2002), S. 200-204
[5] vgl. Scheer (2001), S. 10-12

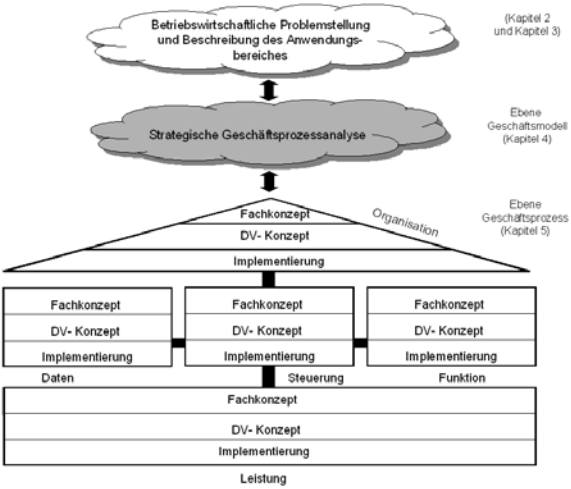

Abbildung 4.1: Das Geschäftsprozessreferenzmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ auf der Ebene des Geschäftsmodells

Abbildung 4.1 zeigt die Ebene des Geschäftsmodells im Rahmen des Geschäftsprozessreferenzmodells.

Die Informationstechnologie ist ein wesentlicher Träger des Business Engineering. Sie ermöglicht die Neugestaltung der Unternehmensprozesse.[6] Die *Geschäftsprozesse* stellen das Bindeglied zwischen dem Geschäftsprozessmodell und der Softwareentwicklung dar. Das Geschäftsmodell wird in (Soll-)Geschäftsprozesse übertragen, die darstellen, wie die Abläufe eines Unternehmens organisiert werden müssen, um das Geschäftsmodell optimal umzusetzen. Zur Ermittlung der Anforderungen (vgl. Kapitel 6) sind die Informationen in den Geschäftsprozessen alleine häufig nicht ausreichend. Das Geschäftsmodells ermöglicht die Einordnung in einen breiteren Kontext und trägt zu einem besseren Verständnis des Anwendungsbereichs, der im Rahmen des Fachkonzepts (vgl. Kapitel 5) erstellten Geschäftsprozesse und somit auch der zu ermittelten Anforderungen an ein Planungswerkzeug bei.

4.2 Erweiterung der logistischen Informationssysteme

Um eine adäquate Unterstützung der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ zu ermöglichen, sind entsprechende Voraussetzungen zu schaffen. Eine Voraussetzung bildet die

[6] vgl. Hammer/Champy (1993), S. 112

informationstechnische Basis für ein geeignetes Planungswerkzeug, eine weitere die informationstechnische Integration der Planungsprozesse durch die Werkzeuge und Methoden der Digitalen Fabrik.

4.2.1 Erweiterung des Y-Modells um eine Phase der Gestaltung

Wie in Kapitel 2.4.3 ausgeführt wird, ergeben sich für das Y-Modell von Scheer vor dem Hintergrund der Massenproduktion in der Automobilindustrie betrachtet unterschiedliche Zeit- und Planungshorizonte für den linken Ast der Logistik und den rechten Ast der Leistungsgestaltung. Hier wird daher vorgeschlagen, das Y-Modell neben den Phasen der *Steuerung* und der *Planung* um eine Phase der *Gestaltung* zu erweitern (in Abbildung 4.2 gestrichelt umrandet dargestellt).[7] Die Phase der Gestaltung umfasst nur die *einmalig zu treffenden Maßnahmen* (vgl. Kapitel 3.3).

Die Phase der Produktgestaltung umfasst in der Automobilindustrie etwa eine Zeitdauer von sieben Jahren. Das Planungsergebnis stellt zum SOP ein serienreifes Produkt dar, welches in die vorhandenen und eventuell angepassten Fertigungsstrukturen integriert ist. Dangelmaier zufolge umfasst die Fertigungsplanung alle *einmalig zu treffenden Maßnahmen zur Gestaltung* des Fertigungssystems, der Anlagen und der Fertigungsprozesse.[8] D. h., dass die Definition der Produktanforderung, die Konstruktion und die Gestaltung der Fertigungsprozesse und Betriebsmittel zur Phase der Gestaltung gehören. Es wird also zwischen der Aufgabe der einmaligen Arbeitsplatzgestaltung im Rahmen der Fertigungsprozessplanung und der mit jedem Kundenauftrag wiederkehrenden Aufgabe der Arbeitsplanung für jeden Arbeitsplatz unterschieden.

Noch vor der Primärbedarfsplanung, die bereits einen erweiterten Planungszeitraum umfasst und auf einer aggregierten Ebene stattfindet, ist auch im Bereich der Logistik das Y-Modell um eine begleitend zum Produktentstehungsprozess stattfindende Gestaltungsphase zu erweitern. Nach der *Standortentscheidung* im Rahmen der strategischen Logistikplanung vor SOP werden die Logistikprozesse und Verpackungskonzepte geplant („taktische Logistikplanung vor SOP“). Die Phase der Gestaltung beinhaltet die einmalig zu treffenden Maßnahmen bezüglich der Gestaltung eines Logistiksystems und der darin ablaufenden Logistikprozesse auf der vorgelagerten, auftragsunabhängigen Fließsystemebene.[9] Es wird eine Erstkonfiguration des Logistiksystems vorgenommen und die notwendigen logistischen Betriebsmittel und Ressourcen geplant, beschafft und in einen

[7] vgl. Schneider (2007b), S. 165-167
[8] vgl. Dangelmaier (2001), S. 5
[9] vgl. Schneider/Otto (2006), S. 66

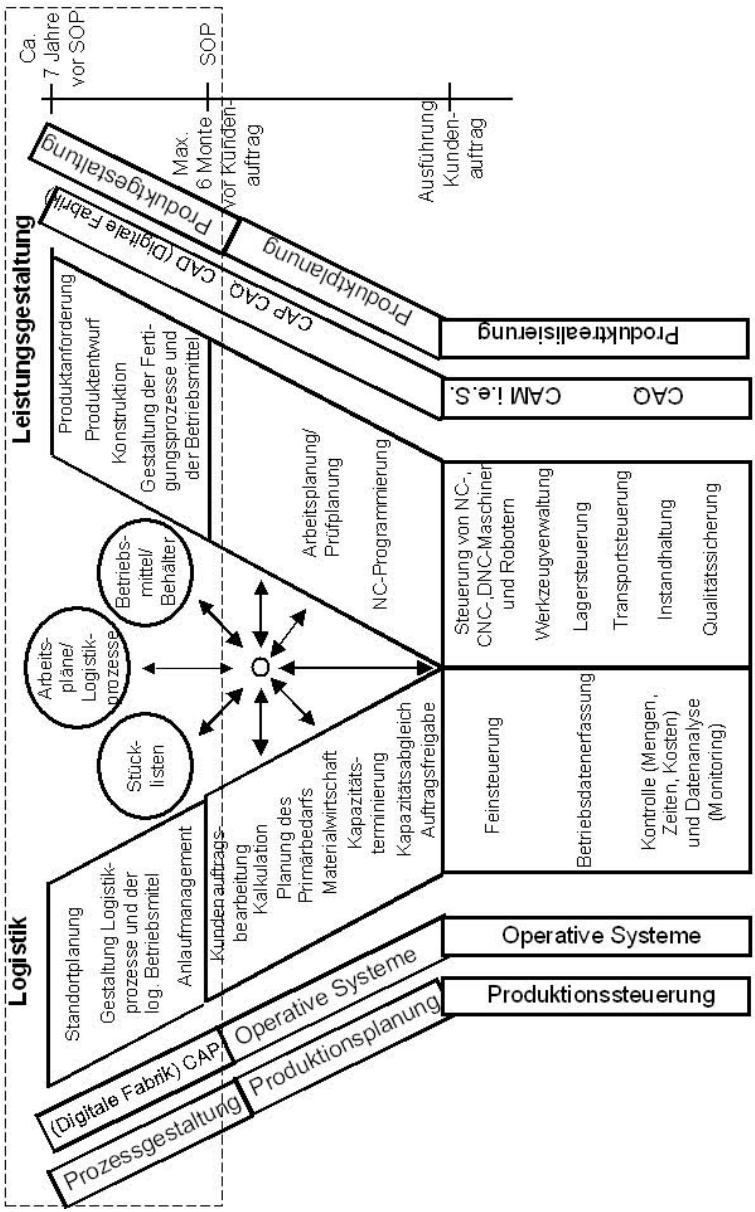

Abbildung 4.2: Erweiterung des Y-Modells um die Phase der Gestaltung (in Anlehnung an Scheer (2001), S. 9)

betriebsbereiten Zustand versetzt. Die Logistik bedient sich der Mittel der Digitalen Fabrik und der CAP-Systeme. Bierwirth zufolge ist *„[d]ie digitale Planungstechnik [...] letztendlich die Weiterentwicklung der Planungstechnik mit fortgeschrittenen informatorischen Hilfsmitteln. Sie verknüpft Konstruktion, die Produktions- und Logistikplanung, sowie die Qualitätssicherung mit der Informationstechnik.“*[10] Auf Basis der als CAD-Modelle aus der Konstruktion vorliegenden Bauteile, der Stücklisten und der von der Fertigung geplanten Fertigungsfolgen werden rechnergestützt die Logistikprozesse und Betriebsmittel geplant. Mit Hilfe von „Schnellkalkulationsverfahren“ können Planungsalternativen bewertet werden.

Die auftragsunabhängigen Geschäftsobjekte, wie Stücklisten, Betriebsmittel und Arbeitspläne, werden um die logistischen Prozessbeschreibungen in Form von Prozesskettenmodellen (vgl. Kapitel 4.3) und um die logistischen Betriebsmittel, wie Behälter, Flurförderzeuge und Lagerausstattung, ergänzt.

Die Funktion des *Anlaufmanagements* bildet den Mittler zwischen der Phase der Gestaltung und der Planung. Ähnlich wie die Auftragsfreigabe der Mittler zwischen der Planung und der Steuerung ist und die für eine bestimmte Periode auszuführenden Fertigungsaufträge festlegt, überführt das Anlaufmanagement die auf der Fließsystemebene geplanten und geprüften Logistikprozessprototypen in einen Serienbetrieb. Die *auftragsorientierte Serienlogistik* beginnt erst mit der Phase der Planung.[11]

4.2.2 Integration der Planungsprozesse durch die Digitale Fabrik als zentrales Bindeglied

Bevor die Kundenauftragsabwicklungsprozesse ablaufen können, müssen die Prozesse der Produktentstehung stattfinden. Der Produktentstehungsprozess kann in vier Teilprozesse unterteilt werden. Dies ist der Fabrikplanungs-, der Fertigungsplanungs-, der Logistikplanungs- und der Produktkonstruktionsprozess.

Die von Dombrowski vorgeschlagene Vision der Digitalen Fabrik als zentrales Bindeglied zwischen dem Auftragsabwicklungs-, dem Fabrikplanungs- und dem Produktentstehungsprozess[12] muss erweitert werden. Auch die Prozesse der Fertigungsplanung und der Logistikplanung müssen in die Digitale Fabrik eingebunden werden. Dies wird in Abbildung 4.3 dargestellt. Diese Prozess- und Ablaufplanungen haben erheblichen Einfluss auf die Werksstrukturen und auf den Produktentwicklungsprozess. Die Handlungsfelder

[10] Bierwirth (2004), S. 39
[11] vgl. Straube (2004), S. 257
[12] vgl. Dombrowski (2006), S. 14

der Digitalen Fabrik umfassen neben der Modellierung und der Visualisierung der Prozesse, auch die Integration der Planungsdaten, um den Zeitaufwand für die Informationsbeschaffung innerhalb der Planungsprozesse zu reduzieren. Dies kann durch die durchgängige Integration der in den jeweiligen Planungsprozessen genutzten Werkzeuge und die datentechnische Vernetzung der Planungsteams erreicht werden.

Die Anforderungen und Gegebenheiten der täglich im Rahmen des *Auftragsabwicklungsprozesses* ablaufenden Fertigungs- und Logistikprozesse müssen über einen intensiven Informationsaustausch besser in die *Fertigungsplanungs- und Logistikplanungsprozesse* eingebunden werden.

Die Montage-, Karosseriebau- und Logistikplaner benötigen bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt Bauteil- und Geometriedaten aus dem *Produktkonstruktionsprozess* als Eingangsdaten für ihre jeweiligen Planungen. Nur durch eine frühzeitige parallel zum Produktkonstruktionsprozess stattfindende Fertigungs- und Logistikprozessplanung kann auf eine fertigungs- und logistikgerechte Gestaltung der Produkte hingewirkt werden.[13]

Die Informationen aus dem *Fabrikplanungsprozess* zum Werkslayout, den Hallengrundrissen und den baulichen Strukturen innerhalb der Gebäude, wie beispielsweise die Anordnung von Toren, Säulen, Sicherheitseinrichtungen etc., spielen bei der Planung der Anlagen und der logistischen Lagerflächen eine wichtige Rolle. Die Bedürfnisse und Anforderungen der Anlagen- und Logistikplaner können auf diese Weise bei der Fabrik- und Hallenplanung Berücksichtigung finden.

Eine weitere wichtige Rolle spielt der Datenaustausch zwischen den einzelnen Funktionsbereichen. Die Montageplaner benötigen als Eingangsinformation zur Gestaltung der Montagelinie die Verpackungsinformationen aus der Logistik. Die Informationen zur Montagereihenfolge und die sich daraus ergebenden Anlieferorte wiederum stellen eine essenzielle Information für die Logistik dar, um die Fahrkreise und Anlieferzyklen planen zu können.

Ein intensiver, über den gesamten Planungszeitraum andauernder Datenaustausch zwischen den einzelnen Planungsprozessen und den Beteiligten aus den einzelnen Funktionsbereichen ist notwendig. Um dies zu ermöglichen, muss sich auch die Logistik der modernen Werkzeuge und Methoden der Digitalen Fabrik bedienen und diese für ihre Zwecke einsetzen.

Die Digitale Fabrik und die Virtuelle Logistik als Teilgebiet können somit entscheidend zu einer *vertikalen Integration* der in Abbildung 4.3 dargestellten Planungsprozesse in einem

[13] vgl. Klaus (2002), S. 108-110

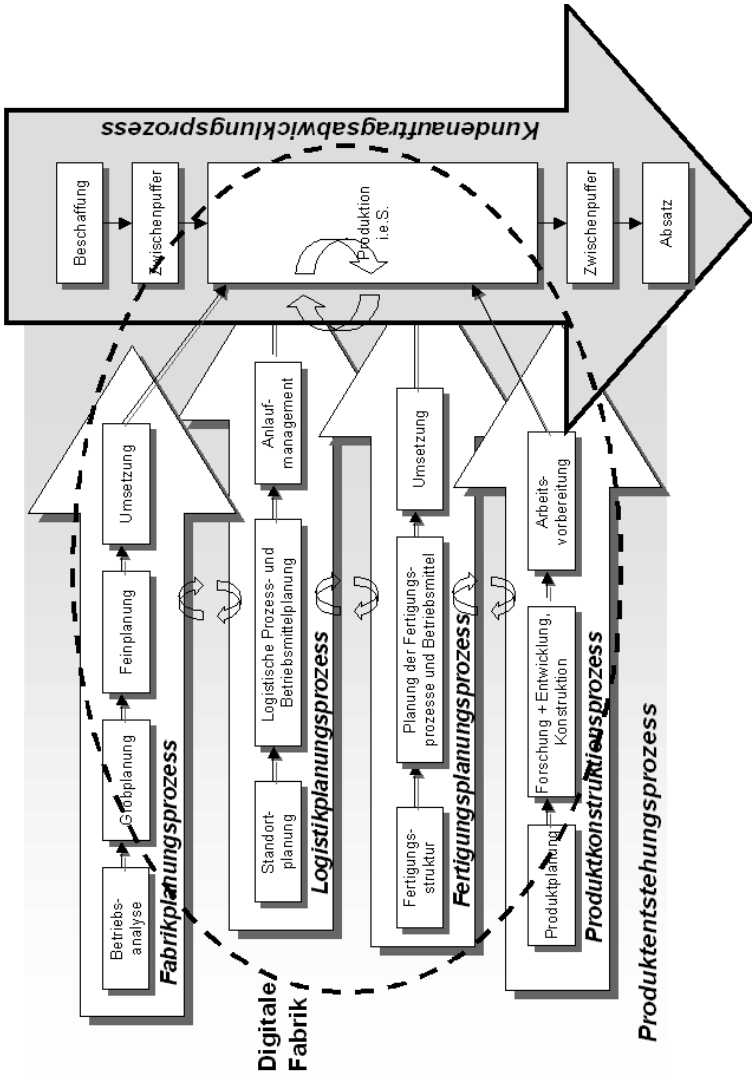

Abbildung 4.3: Die Digitale Fabrik als zentrales Bindeglied zwischen den Planungsprozessen

Unternehmen und zu einer Integration zwischen der Produkt- und der Prozessplanung beitragen.[14]

4.3 Abbildung eines Logistiksystems mit Hilfe von Prozesskettenmodellen

Um das zu planende Logistiksystem abzubilden und zu visualisieren, wird noch ein weiterer Modellierungsansatz benötigt.[15] *Prozesskettenmodelle* können zur Analyse, Visualisierung, Dokumentation und Gestaltung von Informations- und Logistikprozessen eingesetzt werden.[16]

Prozessketten visualisieren alle Tätigkeiten, die zur Auftragsabwicklung durchgeführt werden müssen. Es werden abgrenzbare Teilprozesse definiert (vgl. Kapitel 4.4.3) Jedes Prozesskettenelement wird mit einem Satz von Attributen parametrisiert. Diese beschreiben unter anderem die benötigte Durchlaufzeit (Mittelwerte oder Schätzwerte) und die maximal zur Verfügung stehende Kapazität.[17]

Diese Prozesskettenelemente können zu Prozessketten verknüpft werden. Die logische Reihenfolge der Durchläufe der Aufträge (Informationseinheiten) und der operativen Basisgrößen (Material und Transporteinheiten, im Falle der Logistik Bauteile und Behälter bzw. Gebinde) durch das Unternehmen werden abgebildet.[18]

Strukturelemente von Prozesskettenmodellen:[19]

- *Quellen* beschreiben die Basisobjekte einer Prozesskette, also beispielsweise Bauteile, die die Prozesskette durchlaufen können. Außerdem werden hier die Leistungswerte in Anzahl Basiseinheiten pro Zeiteinheit (Anzahl zu produzierender Fahrzeuge pro Tag) beschrieben.
- *Senken* beschreiben den Bedarf bzw. das Abrufverhalten des nachfolgenden Prozesses.
- *Prozesse* können wiederum aus Teilprozessen zusammengesetzt werden. Hier werden grundsätzlich acht Arten von Teilprozessen[20] unterschieden, um logistische

[14] vgl. Klaus (2002), S. 108-110
[15] vgl. Dangelmaier (2001), S. 13
[16] vgl. Schulte (2005), S. 535
[17] vgl. Kuhn (1995), S. 37-38 und S. 49
[18] vgl. Kuhn (1995), S. 37-38
[19] in Anlehnung an Bernemann (2002), S. 61-64
[20] Diese Teilprozesse werden in Kapitel 4.4.3 näher erläutert.

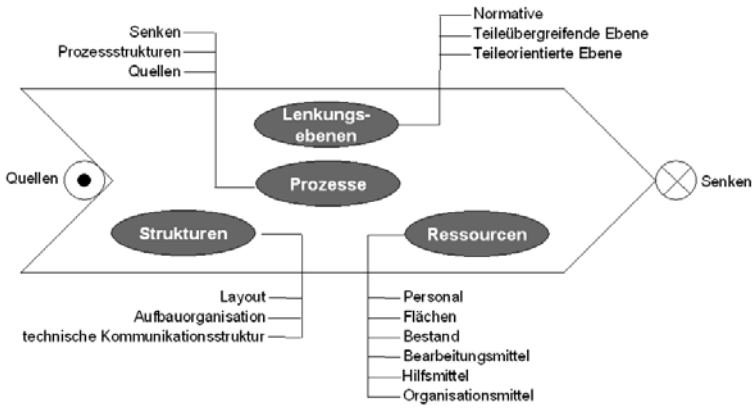

Abbildung 4.4: Strukturelemente eines Prozesses (in Anlehnung an Bernemann (2002), S. 61)

Prozessketten abbilden. Ein weiterer wichtiger Parameter für jedes Prozesskettenelement ist die *Durchlaufzeit* in Bezug auf das Basisobjekt.[21] Diese kann mit Hilfe analytischer Verfahren durch Zeitmessungen ermittelt (ein Beispiel sind REFA-Verfahren) oder durch synthetische Verfahren geplant werden. Bei den synthetischen Verfahren werden die Arbeitsabläufe detailliert abgebildet, und jedem Arbeitsschritt werden Zeitwerte zugeordnet. Ein Beispiel sind MTM-Verfahren (Methods Time Measurement).[22]

- Alle internen Prozesse werden über veschiedene Lenkungsmaßnahmen gesteuert. Diese Maßnahmen finden auf die Logistikplanung bezogen auf drei verschiedenen *Lenkungsebenen* statt: auf einer teileorientierten Ebene, einer teileübergreifenden, werksweiten Ebene und auf einer normativen Ebene.[23]

- Die für die Prozessdurchführung notwendigen *Ressourcen* sollten möglichst sparsam eingesetzt werden. Daher können die Betriebsmittel der Prozesse variiert und im Sinne einer Kostenrechnung bewertet werden. Als logistische Betriebsmittel gelten Personal, Flächen, Bestand, Arbeits- und Organisationsmittel.

- Unter *Strukturen* wird der Aufbau von Prozessketten in verschiedenen Zuständen verstanden. Werden Prozesse verändert, müssen gegebenenfalls auch die Strukturen

[21] vgl. Bernemann (2002), S. 65
[22] vgl. Däumler/Grabe (2004), S. 67-69
[23] Diese Lenkungsebenen sind im Weiteren für die unterschiedliche Informationsnutzung der Planer und des Managements aus dem Kalkulationsschema von Bedeutung und werden in Kapitel 4.5.2 näher erläutert.

angepasst werden, also beispielsweise das Layout (veränderte Anordnung der Betriebsmittel), die technische Kommunikationsstruktur (Informationsflüsse zwischen Abteilungen) und/oder die Organisation (Änderungen der Prozessverantwortung).

Der Anwendungsbereich der Prozesskettenmodelle liegt hauptsächlich in der Abbildung, Analyse und Bewertung von Auftragsdurchläufen. *„Die Anwendung von Prozessketten bietet sich immer dann an, wenn grundsätzliche Fragen der Logistikstruktur zu untersuchen und zu bewerten sind.“*[24] Durch die Veränderung von Parametern und Prozessstrukturen oder alternative Prozesse können komplexe Wenn-Dann-Analysen durchgeführt werden.[25]

Abbildung 4.4 skizziert die möglichen Veränderungspotenziale an Prozessen. Das Veränderungspotenzial leitet sich aus den Strukturelementen der betrachteten Prozesse ab. Sogenannte Potenzialklassen werden in Kapitel 4.5.2 beschrieben. Diese dienen als Handlungsrahmen, um die Verbesserungspotenziale mit den Prozesskettenmodellen und dem im folgenden Kapitel zu entwickelnden Kalkulationsschema systematisch bearbeiten und untersuchen zu können.[26]

Hier wird das *Interdependenzproblem* bei der Findung von Maßnahmen zur Gestaltung von Logistikprozessen sichtbar. Jede Veränderung an den Strukturelementen irgendeines (Teil-)Prozesses kann Änderungen an verschiedenen Strukturelementen innerhalb des gleichen (Teil-)Prozesses oder Änderungen an Elementen anderer Prozesse nach sich ziehen.[27] Das bedeutet beispielsweise, dass die Verringerung des Anlieferzyklus für ein Bauteil einen erhöhten Flächenbedarf im Lager nach sich zieht, da die Sendungsgröße zwangsläufig steigt. Diese Effekte können aber auch andere Bauteile oder Prozesse betreffen. Wird beispielsweise für ein Bauteil ein größerer Behälter eingesetzt, erhöht sich der Platzbedarf an der Montagelinie. Somit können Verdrängungseffekte auftreten. Eventuell müssen dann andere, vor oder nach diesem Bauteil verbaute Teile in einem kleineren Behälter angeliefert oder auf der anderen Seite der Montagelinie bereitgestellt werden. Dieses Vernetzungsproblem erfordert Erfahrung, Fachverstand und interdisziplinäres Arbeiten.

Abbildung 4.5 zeigt das Prozesskettenmodell für den logistischen Ablauf für eine „Anlieferung im Großladungsträger über Halle 1“. Jedem Prozessschritt werden Ressourcen zugeordnet. Die Anlieferung findet per LKW durch eine bestimmte Spedition statt. Als Verpackung wird ein bestimmter Behälter mit einem definierten Inhalt festgelegt. Die

[24] Bernemann (2002), S. 65
[25] vgl. Bernemann (2002), S. 56-60
[26] vgl. Kuhn (1995), S. 49)
[27] vgl. Bernemann (2002), S. 66

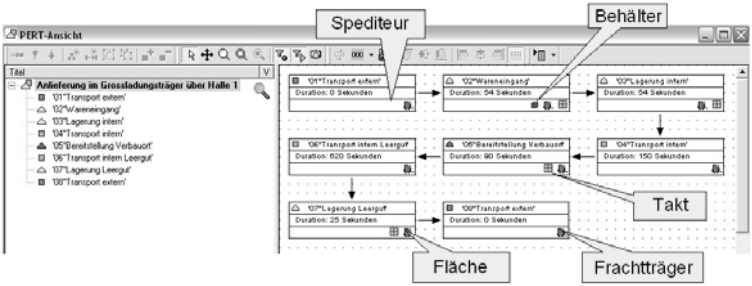

Abbildung 4.5: Beispiel eines Prozesskettenmodells (vgl. Schneider/Otto (2006), S. 67)

Lagerung erfolgt in der Halle 1, und zur Anlieferung an der Montagelinie wird ein bestimmter Fahrkreis ausgewählt. Als ein weiteres Beispiel für ein Prozesskettenmodell sei an dieser Stelle bereits auf die Abbildung 4.8 verwiesen.

Somit können bereits lange vor SOP beispielsweise die notwendigen Lagerflächenbedarfe in der Halle 1 für dieses Bauteil ermittelt werden. Dazu werden die Behälterabmaße und der Stapelfaktor des diesem Bauteil zugeordneten Behälters benötigt. Auf Basis der Behälterinhalte und der zu produzierenden Fahrzeugstückzahlen pro Zeiteinheit lassen sich die Durchsätze bestimmen. Sind zudem noch die Höhe der Lagerhalle und die für dieses Bauteil vorzuhaltende Lagerreichweite bekannt, lassen sich die zur Lagerung und zum Umschlag notwendigen Flächen errechnen.[28] Die Logistikkosten für Verpackung, Lager, Bestände, Transport und Handling werden prognostizierbar. Das geplante Logistiksystem und eventuelle Planungsalternativen können mit Hilfe dieser Logistikkosten unter Berücksichtigung der Interdependenzen bewertet und verglichen werden.[29]

Prozesskettenmodelle ermöglichen die in der im Kapitel 3.3 beschriebenen Definition geforderte *Konfiguration des Fließsystem*. Die Prozesskettenmodelle können mit Hilfe der Werkzeuge und Methoden der *Digitalen Fabrik* modelliert und visualisiert werden. Weitere wichtige Hilfsmittel stellen die Anbindung von Simulationswerkzeugen und die Integration der Planungsdaten dar, um den Zeitaufwand für die Informationsbeschaffung innerhalb der Planungsprozesse zu reduzieren. Es gilt, digitale Logistiksysteme in Form von *experimentierfähigen Modellen* zur rechnergestützten Planung und Optimierung logistischer Prozesse zu erstellen. Das für eine Ermittlung der Logistikkosten notwendige analytische Kostenplanungsmodell wird im folgenden Kapitel entwickelt.

[28] Zu Berechnungsformeln und einem Beispiel sei auf das Kapitel 4.4 verwiesen.
[29] vgl. Schneider/Otto (2006), S. 66-67

4.4 Analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell für die „taktische Logistikplanung vor SOP“

In diesem Kapitel wird die betriebswirtschaflich-methodische Unterstützung des Anwendungsbereichs erarbeitet. Es wird ein *analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell* entwickelt, das eine durchgängige und konsistente Bewertung der Fragestellungen der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ erlaubt.

4.4.1 Zielvorstellung für ein analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell

Um die Aufgabe der Logistikplaner optimal unterstützen zu können, ist es das Ziel, ein geschlossenes Simulationsmodell für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ aufzubauen, das die bestehenden Kapazitäten und Ressourcen in Form eines Gleichungssystems beschreibt und Auswirkungen von Veränderungen von Parametern ohne Zeitverzug und auf verschiedenen Handlungsebenen sichtbar macht. Dieses Modell soll auf Basis des Produktionsprogramms die Bezugsgrößenmengen ermitteln und somit Engpässe aufzeigen. Derartige integrierte Planungssysteme fehlen heute noch weitgehend.[30]

Eine analytische Planung durchzuführen bedeutet dabei, *nach* der Festlegung der Planbeschäftigung für jede Kostenstelle/Bezugsgrößenart je Kostenkategorie die Verbräuche zu ermitteln. Primäre Aufgabe der analytischen Kostenplanung ist somit die Bestimmung der pro Kostenstelle/Bezugsgrößenart anfallenden Faktorverbräuche, um die geplante Bezugsgrößenmenge zu produzieren. Durch die Bewertung dieses Planmengengerüsts mit Festpreisen, ergeben sich die geplanten Kosten.[31]

Es gilt die *Kostenplanung* grundsätzlich von der *Budgetierung* zu unterscheiden. Die Kostenplanung beinhaltet stets die analytische Bestimmung der unter wirtschaftlichen und technischen Überlegungen erreichbaren Ziele. Die Budgetierung gibt ein grundsätzlich anderes Ziel vor. Es werden unter Berücksichtigung kurzfristig nicht abbaubarer Unwirtschaftlichkeiten im laufenden Geschäftsjahr voraussichtlich tatsächlich anfallende Kosten vorgegeben.[32]

[30] vgl. Müller (1996), S. 195
[31] vgl. Müller (1996), S. 188
[32] vgl. Müller (1996), S. 188

Hierzu ist zunächst ein geeignetes Kostenrechnungssystem auszuwählen. Ein Kostenrechnungssystem wird durch bestimmte Merkmale oder Merkmalskombinationen charakterisiert. Folgende Fragen sind zu beantworten:[33]

- Mit welchem *Kostenrechnungssystem* soll gearbeitet werden? (Grenzplankostenrechnung oder Prozesskostenrechnung)
- Welchen *Zeitbezug* soll die Rechnung haben? (Ist-, Normal- oder Plankostenrechnung)
- Auf welches *Rechnungsobjekt* bezieht sich die Rechnung? (Kostenarten-, Kostenstellen- oder Kostenträgerrechnung)

Um das passende Kostenrechnungssystem auszuwählen wird der im Anwendungsbereich zu erfüllende *Rechnungszweck* untersucht. Ein weiteres wichtiges Kriterium bildet bei der Auswahl das *Kostenzurechnungsprinzip*. Bestmöglich erfüllt werden die Anforderungen an eine Kostenrechnung im vorliegenden Fall durch die *Prozesskostenrechnung*.

Für den Anwendungsbereich der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ wird ein *zukunftsbezogenes* Planungsverfahren, also eine Plankostenrechnung, benötigt. Die Prozesskostenrechnung wird mit den *analytischen Planungsverfahren der Plankostenrechnung* kombiniert.

Das Rechnungsobjekt, auf das letztlich alle Kostenprognosen bezogen werden müssen, bildet eine *Kostenträgereinheit*, im vorliegenden Fall ein zu produzierendes Fahrzeug. Diese Auswahl und der Aufbau des abgeleiteten Kostenplanungsmodells für die Logistikplanung wird im Folgenden ausführlich begründet.

4.4.2 Auswahl der Prozesskostenrechnung als geeignetes Kostenrechnungssystem

Im Folgenden soll nun ein für die Logistikplanung geeignetes Kostenrechnungssystem als Basis für das zu erstellende „analytische Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell“ ausgewählt werden. Der Vergleich der Prozesskostenrechnung mit den weiteren Kostenrechnungssystemen stellt dabei vor allem auf deren Ziele, die Erfüllung der Rechnungszwecke des Anwendungsbereichs und die verwendeten Kostenzurechnungsprinzipien ab.[34]

[33] vgl. Däumler/Grabe (2004), S. 24
[34] vgl. Kilger/Pampel/Vikas (2007), S. 12

Rechnungszweck im Bereich der Logistikplanung vor SOP

Zunächst muss aus der im Anwendungsbereich zu lösenden Problemstellung, die im Kapitel 2.1 beschrieben ist, der Zweck abgeleitet werden, den das zu entwickelnde Kostenrechnungssystem erfüllen soll.

Das Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell muss die Planer auf einer sehr detaillierten Basis bei Auswahlentscheidungen unterstützen. Für einzelne Bauteile müssen Entscheidungsalternativen in Bezug auf die Auswahl der Verpackungskonzepte und der Anlieferkonzepte bewertbar sein. Typische Fragestellung auf der *teileorientierten Ebene* sind:

- Sollen die Teile in einem Spezial- oder Standardbehälter verpackt werden, wenn die Teile in einem Spezialbehälter dichter gepackt werden können?
- Wie hoch sind die Mehrkosten durch die Wahl eines kleineren Behälters? Können diese Mehrkosten der Logistik durch die Kosteneinsparungen in der Fertigung überkompensiert werden?
- Wie viel kann eingespart werden, wenn durch eine Änderung am Produkt mehr Teile in einem Behälter transportiert werden können?
- Welche Mehrkosten für Frachten und Behälter verursacht ein Lieferantenwechsel, wenn die Transportentfernung steigt?

Weiterhin liefert das Kostenplanungsmodell den Planern und dem Management aber auch wichtige Initialinformationen im Sinne einer ABC-Analyse und lenkt die Aufmerksamkeit auf die wichtigsten Problemfälle. Typische Fragestellungen auf einer *teileübergreifenden, werksweiten Ebene* sind:

- Welche Teile verursachen die höchsten Frachtkosten? Welche Teile verursachen die höchsten Transportvolumina? Können für diese Teile spezielle Frachtvereinbarungen getroffen werden?
- Welche Teile verursachen die höchsten Behälterdurchsätze? Können diese Teile in einem größeren Behälter verpackt werden oder nahe an der Montagelinie gelagert werden?
- Welche Teile werden von demselben Lieferanten bezogen? Können diese konsolidiert angeliefert werden?
- Welche Teile verursachen die höchsten Flächenbedarfe? Können andere Anlieferkonzepte die Bestände für diese Teile senken?

- Welche Teile verursachen die höchste Handlingszeit? Kann der Prozess optimiert werden?
- Wie hoch ist der logistische Handlingszeitbedarf? Wie viel Personal wird auf welcher Fläche benötigt?
- Welche Auswirkungen hat eine Steigerung der Anzahl zu produzierender Fahrzeuge pro Tag auf die Flächenbedarfe und die Handlingszeiten?

Auf der Ebene des Managements müssen Entscheidungen auf einer höheren Aggregationsebene unterstützt werden, aus denen wiederum Anweisungen für die Planer abgeleitet werden können. Typische Fragestellungen auf einer *normativen Ebene* sind:

- Werden die vorhandenen Lagerflächen ausreichen? Wenn nein, können die Planer beispielsweise angewiesen werden, kleinere Anlieferlose, geringere Lagerreichweiten oder kleinere Behälter einzusetzen. Eventuell müssen externe Flächen angemietet werden.
- Wie hoch sind die Behälterdurchsätze für alle Teile? Teile unter einem bestimmten Durchsatz an Behältern pro Tag werden auf von der Montagelinie weiter entfernten Flächen gelagert, alle darüber auf Flächen nahe der Montagelinie.
- Wie hoch sind die Transportvolumina für alle Lieferanten? Ab einem bestimmten Liefervolumen pro Monat sollen die Planer Frachtangebote einholen und prüfen, ob Direktanlieferungen günstiger sind.
- Wie hoch sind die Behälterdurchsätze von Fahrzeugmodell 1 und von Fahrzeugmodell 2? Hat beispielsweise Fahrzeugmodell 2 wesentlich höhere Durchsätze, können alle montageliniennahen Flächen für Fahrzeugmodell 2 reserviert werden.

Grundsätzlich dient das Instrument der Kostenrechnung dazu, die *Antizipationsfähigkeit* eines Unternehmens zu verbessern. Dies lässt sich weiter in die Perzeptions-, die Prognose- und Bewertungsfähigkeit untergliedern:[35]

- Die *Perzeptionsfähigkeit* besteht in der Wahrnehmung und weiteren Verarbeitung bestimmter Aspekte der Umwelt. Mangelnde Abbildung von Logistikkosten kann dazu führen, dass diese Kosten bei Entscheidungen vernachlässigt werden.
- Die *Prognosefähigkeit* wird durch Kostenrechnungssysteme unterstützt, in dem Änderungen im Handlungsraum der Akteure erkannt werden können.

[35] vgl. Weber (2002a), S. 31-32

- Unter der *Bewertungsfähigkeit* wird verstanden, dass bestimmte relevante Zustände, also Entscheidungsalternativen, miteinander verglichen werden können. Auch hier bietet die Kostenrechnung eine Vielzahl von Kalkülen an, die je nach Rechnungszweck für die Entscheidung relevante Kosten einbeziehen.

Zunächst liefert die Kostenrechnung *Anregungs- oder Initialinformationen*. Der Planer und/oder die Führungskraft werden auf die Existenz eines Problems aufmerksam gemacht, das einer näheren Untersuchung bedarf. Zur Entscheidungsunterstützung liefert das Kostenplanungsmodell *Prognoseinformationen*. Es informiert über die Wirkungen, die eine Handlungsalternative hat, und zeigt erwartete Kosten auf.[36]

Hummel und Männel unterscheiden vier Hauptrechnungszwecke:[37]

- Preiskalkulation und Preisbeurteilung
- Kontrolle der Wirtschaftlichkeit
- Bereitstellung von Unterlagen zur *Entscheidungsrechnung*
- Erfolgsermittlung und Bestandsbewertung

Im Bereich der Logistikplanung vor SOP werden hauptsächlich *Entscheidungsrechnungen* benötigt. Entscheidungsprobleme ergeben sich auf den drei in Abbildung 4.4 dargestellten Lenkungsebenen (teileorientierte, teileübergreifende und normative Lenkungsebene).

Erfüllung des Rechnungszwecks durch die Prozesskostenrechnung und andere Kostenrechnungssysteme

Horváth empfiehlt für Bereiche der direkten Leistungserstellung den Einsatz der Grenzplankostenrechnung. Für indirekte Bereiche, die die Leistungserstellung unmittelbar unterstützen, wie beispielsweise die Logistik, wird die Prozesskostenrechnung vorgezogen.[38]

Der Grundgedanke der *Prozesskostenrechnung* ist, dass die Leistungserstellung in Form von Prozessen, also verketteten Tätigkeiten, stattfindet. Im Mittelpunkt der Analyse und Bewertung der einzelnen Leistungsprozesse steht die Frage, welche Einflussgrößen hauptsächlich zur Entstehung der Gemeinkosten führen. Somit kann das aus dem Bereich der

[36] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 22-25
[37] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 40
[38] vgl. Horváth (2003), S. 552

Produktion bekannte arbeitsplatzanalytische Vorgehen und das Bezugsgrößendenken auf den Bereich der Logistik übertragen werden.[39]

Hinter der prozessorientierten Kalkulation stehen zwei Fragestellungen:

- Was kostet die einmalige Ausführung eines Prozesses?
- Welche Produkte beanspruchen welche Prozesse wie oft?

Die erste Frage lässt sich mit Hilfe der analytischen Planungsverfahren und der Kostensätze beantworten. Um die zweite Frage beantworten zu können, müssen die Zusammenhänge zwischen dem Produkt und den notwendigen Prozessen hergestellt werden. Dies geschieht über die Kostentreiber. Einen wichtigen Einflussfaktor bei der Prozesskostenkalkulation im Umfeld der Logistik bildet der Gebindeinhalt. Unabhängig vom Gebindeinhalt kann man davon ausgehen, dass jedes Gebinde eine Abfolge gleicher Prozesse mit normalerweise gleichem Ressourceneinsatz und den gleichen Kosten auslöst. Somit fallen mit steigendem Gebindeinhalt die Kosten pro Teil.

Horváth zufolge wird die Prozesskostenrechnung hauptsächlich im Sinne eines *Kostenmanagements* eingesetzt. Aufgrund der Einbettung in das Prozessmanagement stellt die Prozesskostenrechnung relevante Informationen für langfristig-strategische Entscheidungen zur Verfügung.[40] Indem die Prozesskostenrechnung Ansätze zur Prozessoptimierung aufdeckt und eine gezielte Ressourcenallokation ermöglicht, dient sie vor allem in frühen Planungsphasen dem Kostenmanagement.

Kilger, Pampel und Vikas unterscheiden weiterhin zwischen den Beiträgen der einer Implementierung einer Prozesskostenrechnung vorausgehenden Prozessanalyse und der erst auf Grundlage optimierter Prozessstrukturen durchzuführenden laufenden Prozesskostenrechnung.[41] Bereits diese eingehende Untersuchung der Prozesse trägt maßgeblich zur nachhaltigen Kostensenkung bei.

Folgende Ziele sollen mit dem Einsatz der Prozesskostenrechnung erreicht werden:

- Schaffung von Steuerungsmöglichkeiten in indirekten Bereichen
- Abbildung von kostenstellenübergreifenden Auswirkungen der Kostentreiber
- Ermittlung der Kosten nicht-wertschöpfender Prozesse
- Verursachungsgerechtere Verrechung interner Dienstleistungen der Logistik nach Inanspruchnahme

[39] vgl. Mayer (1991), S. 80
[40] vgl. Horváth (2003), S. 557-559
[41] vgl. Kilger/Pampel/Vikas (2007), S. 12-13

Somit wird die Prozesskostenrechnung für den Bereich des Kostenmanagements nicht als ein konkurrierendes, sondern als ein ergänzendes Kostenallokationsmodell gesehen.[42]

In Richtung der Bewertung langfristiger Planungen betrifft eine Frage die Abgrenzung zwischen der Investitions- und der Prozesskostenrechnung. Der Prozesskostenrechung wird häufig der Vorwurf gemacht, eine undifferenzierte Vollkostenrechnung zu sein.[43] Die Frage, wann und in welcher Höhe die Fixkostenanteile der betrachteten Kostenarten abbaubar sind, kann mit Hilfe der Prozesskostenrechnung nicht ohne weiteres beantwortet werden. Der Abbau von Fixkosten hängt vom Veränderungspotenzial und von der Bindungsdauer ab. Die Prozesskostenrechnung zeigt aber das Veränderungspotenzial auf.

Als Lösungsweg wird eine Ergänzung zwischen der Investitions- und Prozesskostenrechnung vorgeschlagen. Prozesskostenrechnungen ergänzen und detaillieren den Input für Investitionsrechnungen.[44]

Investitionsrechnungen sind ressourcenorientiert und die einzig richtige Methode, um die Wirtschaftlichkeit langfristiger Investitionsentscheidungen zu ermitteln. Sie bilden die *Schaffung von Ressourcen* ab.

Kostenrechnungen (Prozesskostenrechnung und Grenzplankostenrechnung) sind prozess- und produktorientiert und bilden die *Nutzung von Ressourcen* ab.[45]

Mit Hilfe der *Grenzplankostenrechnung* können beispielsweise Kostenkalkulationen für Produkte und Entscheidungen zur Annahme zusätzlicher Aufträge bei gegebener Auslastung unterstützt werden.[46] Das Hauptanliegen der Grenzplankostenrechnung ist die Wirtschaftlichkeitskontrolle mit dem Schwerpunkt auf dem variablen Kostengüterverbrauch in den Kostenstellen. Die Kosteninformationen werden allerdings bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung, also vor SOP, benötigt. Zu diesem Zeitpunkt sind weder die Ausstattung noch die Auslastung der später beteiligten Kostenstellen bekannt.[47]

Die Grenzplankostenrechung stellt für kurzfristige, unterjährige Absatz- und Produktionsentscheidungen das adäquate Instrument dar. Die Prozesskostenrechnung liefert durch die Ermittlung des prozess- und produktbezogenen Ressourcenverbrauchs jedoch die notwendigen Informationen für mittel- und langfristige Planungen.

In anderen Kostenrechnungssystemen werden die Logistikkosten meist über Verteilungsschlüssel den Fertigungsendkostenstellen zugeordnet. Die Prozesskostenrechnung soll

[42] vgl. Kilger/Pampel/Vikas (2007), S. 12-14
[43] vgl. Horváth (2003), S. 562
[44] vgl. Horváth (2003), S. 562-563
[45] vgl. Horváth (2003), S. 562-563
[46] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 51
[47] vgl. Kilger/Pampel/Vikas (2007), S. 12-13

speziell die Mängel der Behandlung von Gemeinkosten und der Kosten der indirekten Bereiche beheben. Dies gilt insbesondere für der Fertigung vor- und nachgelagerte Dienstleistungsbereiche, wie Bestelldisposition, Fertigungsvorbereitung und die Logistik.[48] Die Prozesskostenrechnung verrechnet diese Kosten „direkt“ über die Inanspruchnahme der Prozesse auf das Produkt. Allerdings muss hierzu bekannt sein, welche Prozessmengeneinheiten jedes Produkt jeweils in Anspruch genommen hat.[49] Dies ist mit erheblichem Erfassungs- und Planungsaufwand verbunden, der durch das im Rahmen dieser Arbeit konzipierte Planungswerkzeug ermöglicht wird.

Diskussion der Kostenzurechnungsproblematik

In einer speziell auf die Kostenträgerrechung ausgerichteten Betrachtungsweise, wie im vorliegenden Fall, spielt die *Zurechenbarkeit* von Kosten zu dem Kalkulationsobjekt eine zentrale Rolle.[50]

Die zunehmende Anwendung der Grenzplankostenrechnung auf fixkostenintensive indirekte Bereiche führt geradezu zwingend zu einer Aufweichung des Marginalprinzips als Kostenzurechnungsprinzip. Die Prozesskostenrechnung aktzeptiert eine andere Interpretation des Kostenzurechnungsprinzips, auf die im folgenden Kapitel näher eingegangen wird.[51]

Als *Kostenträger* werden Zwischen- oder Endprodukte bezeichnet, deren *„[...] Her- bzw. Erstellung [...] Güter- und Dienstleistungsverzehre ausgelöst haben, die sie konsequenterweise auch 'tragen' sollen.“*[52]

Werden die Kosten nach dem Kriterium der Zurechenbarkeit einem bestimmten Bezugsobjekt zugerechnet, wird zwischen Einzel- und Gemeinkosten unterschieden. Als *Einzelkosten* werden dem betrachteten Kalkulationsobjekt *eindeutig zurechenbare Kosten* bezeichnet. Andere Kosten stellen in diesem Beziehungsverhältnis *Gemeinkosten* dar und können dem Bezugsobjekt nicht ohne Schlüsselung direkt zugerechnet werden. Zugleich bilden diese in Bezug auf eine höhere Betrachtungsebene, der Gesamtheit aller Kalkulationsobjekte, wiederum Einzelkosten.[53] Dies wird als *relative Einzelkosten* bezeichnet.

Eine Schlüsselung von Gemeinkosten soll somit in jeder Phase vermieden werden. Daher werden Gemeinkosten, die dem Kalkulationsobjekt nicht als relative Einzelkosten

[48] vgl. Weber (2002a), S. 52 und Horváth/Mayer (1989), S. 214
[49] vgl. Weber (2002a), S. 55
[50] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 97
[51] vgl. Kilger/Pampel/Vikas (2007), S. 14
[52] Hummel/Männel (1999), S. 395
[53] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 99-100

zugerechnet werden können, wie Verwaltung, Instandhaltung, Energiekosten, Transportschäden, Kapitalkosten etc. nicht in die Kalkulation einbezogen, da diese nur geschlüsselt werden können und somit die Kosteninformationen verzerren würden.[54]

Zur Lösung der Kostenzurechnungsproblematik wird in der Literatur am häufigsten auf das *Verursachungsprinzip* hingewiesen. Jeder Kostenträger soll die Kosten tragen, die er verursacht hat. Allerdings ist dieser Vorschlag inhaltlich zu unbestimmt, um im vorliegenden Fall einer Auswahl einzubeziehender Kostenarten dienen zu können.[55]

Das *Identitätsprinzip* von Riebel besagt, dass die Kosten einzubeziehen sind, die nachweisbar auf die gleiche Entscheidung, hier also auf die Realisierungsentscheidung eines Fahrzeugprojekts, zurückgeführt werden können. Die eigentliche Quelle der Kosten sind also unternehmerische Entscheidungen.[56] Allerdings sollten nur Kosten als Einzelkosten bezeichnet werden, die durch die Existenz des Kalkulationsobjekts *zusätzlich hervorrufen*.

Nun stellt sich die Frage, ob auch längerfristige Strukturinvestitionen, beispielsweise der Bau einer neuen Logistikhalle, auf Basis des Identitätsprinzips einem Fahrzeugprojekt in kompletter Höhe angelastet werden sollten. Hierzu wird auf die *entscheidungsorientierte Kostenrechnung* verwiesen. Bezogen auf ein Wahlproblem oder eine zu treffende Entscheidung können davon betroffene und nicht betroffene Kosten unterschieden werden. Kosten werden zum Beispiel nur dann als für eine *Entscheidung relevant* betrachtet, wenn die anfallenden Kosten alternativenspezifisch sind. Fallen diese Kosten in Zukunft für mehrere Entscheidungsalternativen gemeinsam an, sind die Kosten nicht alternativenspezifisch und daher auch keine für diese Entscheidung als relevant zu betrachtenden Kosten.[57][58]

Bei ausschließlicher Nutzung bereits bestehender Hallen würden nach dem Identitätsprinzip keine zusätzlichen Kosten hinzukommen. Konsequent zu Ende gedacht würde dies bedeuten, dass für diesen Fall keine Flächenkosten in die Kalkulation einbezogen werden dürfen. Dies stellt ein allgemein bekanntes Dilemma der Kalkulationspraxis dar.[59]

Allerdings handelt es sich im Falle der Logistikplanung vor SOP, wie aus der Definition im Kapitel 3.3 hervorgeht, um eine engpassorientierte Planung. Es sollen knappe

[54] vgl. Coenenberg (1999), S. 207
[55] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 53-54
[56] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 56
[57] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 117
[58] An dieser Stelle sei erwähnt, dass die ebenfalls vorhandene Handlungsalternative „nichts zu tun“, hier nicht weiter betrachtet wird.
[59] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 100

Ressourcen (Mitarbeiter, Flächen, Behälter etc.) verplant werden. Schulte schlägt im Zusammenhang mit der Kalkulation in gemeinkostenintensiven Bereichen die Anwendung des *Beanspruchungsprinzips* vor. Die Kosten sollen den Kostenträgern nach der in Anspruch genommenen Leistung zugeordnet werden.[60] Im Rahmen der Prozesskostenrechnung wird die „Kostenverursachung“ als alleiniges Kostenzurechnungsprinzip explizit in Frage gestellt. Für eine langfristige Kalkulation kann eine Kostenzurechnung logisch nur über die Akzeptanz neuer Kostenkategorien und eines neuen Zurechnungsprinzips, des Prinzips der „Ressourceninanspruchnahme“, vorgenommen werden.[61]

Für diese Inanspruchnahme können *Opportunitätskosten*, ein Spezialfall relevanter Kosten, angesetzt werden. *„Der Verbrauch bzw. die Inanspruchnahme eines solchen 'Engpaßfaktors' für einen ganz bestimmten Verwendungszweck entzieht diesen anderen Verwendungsalternativen.“*[62]

Die Grundidee des Rechnens mit Opportunitätskosten ist also, dass beispielsweise die Nutzung von Lagerflächen mit einem Kostensatz bewertet wird, der bei einem anderen Einsatz der Lagerfläche, beispielsweise der Vermietung an einen Lieferanten, hätte erzielt werden können. Die Ermittlung der Höhe dieser Kosten muss auf den praktischen Einzelfall bezogen stattfinden.[63] Hier wird also von Einzelkosten gesprochen, wenn für das betrachtete Kalkulationsobjekt ein leistungsbezogener, messbarer Einzelverbrauch festgestellt werden kann.

Zukunftsbezogene Planungsverfahren - Methodik der analytischen Kostenplanung

Eine *Ist-Kostenrechnung* erfasst die in einer vergangenen Periode tatsächlich angefallenen Kosten. Diese werden ohne Korrekturen auf das Produkt weiterverrechnet.

Bei der *Normalkostenrechnung* werden aus Vergangenheitswerten mit Hilfe statistischer Verfahren Durchschnittskosten abgeleitet und weiterverrechnet. Da Entscheidungen aber nicht von vergangenen, sondern von zukünftigen Entwicklungen abhängig sind, stellen Vergangenheitsdaten keine geeignete Basis für Entscheidungen dar.

Plankostenrechnungssysteme ermitteln hingegen für die Zukunft angestrebte oder erwartete Kostengrößen.[64] Die Einzelkosten werden nach Kostenträgern und die Gemeinkosten

[60] vgl. Schulte (2005), S. 629
[61] vgl. Kilger/Pampel/Vikas (2007), S. 16-17
[62] Hummel/Männel (1999), S. 119
[63] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 121-123
[64] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 42

nach Kostenstellen für eine bestimmte Planungsperiode im voraus festgelegt bzw. prognostiziert. Die Kosten gehen also aus betrieblichen Planungen hervor, nicht aus Vergangenheitswerten.

Um die Einzelkosten zu ermitteln, bedient sich die Plankostenrechnung verschiedener Verfahren:[65]

- Technische Studien (analytische Planungsverfahren)
- Versuchsserien und Musterfertigungen
- Schätzungen von Experten (Planer, Abteilungsleiter)
- Ableitung aus Vergangenheitswerten

Durch *technische Studien* oder analytische Planungsverfahren werden die Planverbrauchsmengen der Produktionsfaktoren für eine Kostenträgereinheit rechnerisch aus Stücklisten, Konstruktionszeichnungen und Fertigungsplänen ermittelt. Diese Vorgehensweise erfüllt die Anforderungen an ein Planungsverfahren, da die Verbrauchsmengen *ex ante* ermittelt werden. Allerdings setzt die Anwendung dieses Verfahrens die Kenntnis der Prozessabläufe für ein zu planendes Produkt bis in die kleinsten Einzelheiten voraus.

Durch *Versuchsserien* können die Verbrauchsmengen gemessen werden. Das Problem an diesem Verfahren ist einerseits zu beurteilen, inwieweit diese Produktionsbedingungen dem Serienablauf entsprechen. Andererseits können Versuchsserien erst sehr spät im Planungsprozess überhaupt stattfinden, da sowohl die entsprechenden Bauteile als auch die notwendigen Betriebsmittel (Anlagen, Behälter etc.) vorhanden sein müssen.

Wenn technische Studien oder Versuchsserien nicht machbar oder zu aufwändig sind, werden die Verbrauchsmengen häufig von Experten, z.B. erfahrenen Planern, *geschätzt*. Dieses Verfahren ist aus methodischer Sicht abzulehnen, wird in der Praxis aber aus Wirtschaftlichkeitsgründen eingesetzt.

Eine weitere Möglichkeit ist, die Verbrauchsmengen und Kosten aus *Vergangenheitswerten* oder von vergleichbaren Produkten abzuleiten. Hierbei werden allerdings von vornherein Unwirtschaftlichkeiten in die Planung einbezogen. Bei weniger bedeutenden Kostenbestandteilen wird dieses Verfahren in der Praxis häufig genutzt, da andere Verfahren zu aufwändig sind.[66]

Ohne eine entsprechende Softwareunterstützung wird im Bereich der Logistikplanung hauptsächlich auf Basis von Vergangenheitswerten gearbeitet. Die Kosten werden meist

[65] vgl. Haberstock (1999), S. 204
[66] vgl. Müller (1996), S. 197-198

top-down-orientiert auf voraggregierten Ebenen geplant. Beispielsweise werden die Flächenbedarfe für eine ganze Halle oder eine komplette Teilegruppe (z.B. alle Teile, die in einem Kleinladungsträger angeliefert werden) auf Basis von Vergangenheitsdaten ermittelt und unter der Annahme einiger Prämissen (z.B. steigende Anzahl von Varianten des neuen Modells) in die Zukunft projiziert.

Weichen zu planende Fahrzeugmodelle stark von den existierenden Produkten ab oder verändern sich Strukturen oder Prozessabläufe, so führt dieses Vorgehen zu wenig verlässlichen Planungsergebnissen. Eine bottom-up-orientierte, Teil-für-Teil durchgeführte Plankostenrechnung für neue Fahrzeugprojekte ist notwendig. Für die Zukunft zu erwartende Kosten müssen auf Basis von Verbrauchs- und Zeitstudien ermittelt werden. Die analytischen Verfahren, die beispielsweise in der Produktion zur Bewertung einzelner Arbeitsplätze eingesetzt werden, müssen auch auf den Bereich der Logistik zur Abbildung und Bewertung logistischer Prozesse übertragen werden.[67]

Allerdings sollte das bisher praktizierte Planungsverfahren, auf Basis von Vergangenheitswerten Verbräuche zu schätzen, durch die Möglichkeiten der analytischen Kostenermittlung nicht abgelöst, sondern ergänzt werden. Beide Planungsverfahren werden sinnvollerweise miteinander kombiniert und dienen der gegenseitigen Validierung.[68]

Nicht die Kontrolle der Kostenstellen steht in der Phase der „taktischen Logistikplanug vor SOP“ als Rechnungszweck im Vordergrund, sondern die *Bewertung und Prognose* der Logistikkosten und die Zurechnung der Kosten zu Kostenträgern. Der Schwerpunkt der Kostenbetrachtung liegt nicht auf der Kostenerfassung und Kontrolle, sondern auf einer frühzeitigen *Kostenbeeinflussung*.

Um den Rechenzweck der Logistikplanung vor SOP zu erfüllen und eine Bewertung logistischer Planungsalternativen für neue Fahrzeugmodelle bereits vor SOP vornehmen zu können, dabei aber nicht auf vergangenheitsbezogene Ist-Daten angewiesen zu sein, wird das Kostenrechnungssystem der Prozesskostenrechnung mit den analytischen Planungsverfahren aus der Plankostenrechnung (vgl. Kapitel 4.4.2) kombiniert. Es wird somit ein „analytisches Kostenplanungsmodell“ erstellt.

[67] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 114
[68] vgl. Hummel/Männel (1999), S. 12

4.4.3 Ableitung eines analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodells auf Basis der Prozesskostenrechnung

In diesem Kapitel wird das analytische Kostenplanungsmodell für den Anwendungsbereich beschrieben. Dabei erfolgt eine Orientierung an den in der Literatur empfohlenen Schritten zum Aufbau einer Prozesskostenrechnung.

Tätigkeitsanalyse zur Identifizierung von relevanten Logistikprozessen

Der erste Schritt zum Aufbau einer Prozesskostenrechnung ist die Analyse der Tätigkeiten im festgelegten Untersuchungsbereich. Zu Beginn der Analyse ist es wichtig eine Vorstellung über die Hauptprozesse und die Kostentreiber zu bekommen, um gezielt nach Informationen suchen zu können.[69] Durch die Delphi-Studie (vgl. Kapitel 3.5) und mehrere Anforderungsworkshops können die bereits in Kapitel 2.1 dargestellten zentralen Planungs- und Berichtsgrößen der Logistikplanung identifiziert werden, nämlich Frachten, Flächenbedarf, Bestände, Personal und Investitionen. Dies liefert erste Anhaltspunkte für die Kostentreiber.

Identifikation der Teilprozesse Im nächsten Schritt ist der Bereich abzugrenzen, der Gegenstand der Prozesskostenrechnung sein soll. Hierzu eignen sich vor allem repetitive Tätigkeiten mit geringem Entscheidungsspielraum.[70]

Aus der Aufgabenbeschreibung auf Basis der Delphi-Studie in Kapitel 3.4 lassen sich als abteilungsübergreifende Hauptprozesse der Logistik die Durchführung und Sicherstellung des *Materialflusses* und der *Verpackung* identifizieren.

Der Materialfluss wird in Form logistischer Prozessketten abgebildet, die in fünf grundsätzlich verschiedenen Ausprägungen auftreten:

- Anlieferung im Großladungsträger
- vereinzelte Anlieferung im Kleinladungsträger
- Anlieferung sequenziert in Fahrzeugreihenfolge
- Anlieferung im Warenkorb
- Just-in-Time-Anlieferung

[69] vgl. Mayer (1991), S. 85
[70] vgl. Schulte (2005), S. 630

Um die Wiederverwendbarkeit im Rahmen des Geschäftsprozessreferenzmodells der Logistikplanung vor SOP zu gewährleisten, werden acht Teilprozesse oder logistische Aktivitäten definiert, aus denen die oben genannten Ausprägungen logistischer Prozesse zusammengesetzt werden können:[71]

- Externer Transport
- Wareneingang
- Lagerung
- Interner Transport
- Pufferung
- Bereitstellung
- Vereinzelung
- Sequenzierung

Diese Teilprozesse entsprechen den *Arbeitsgängen* in der Fertigung. Mit den Stücklisten und den in Form von Prozesskettenmodellen beschriebenen logistischen Abläufen verfügt die Logistik auch in einem indirekten Bereich über *detaillierte, kostenträgerindividuelle Beschreibungen ihrer Prozesse*, wie dies für die Fertigung über die Arbeitspläne und Stücklisten der Fall ist.[72]

Auswahl der Teilprozesse Bei der Identifikation der relevanten Teilprozesse wurden nur leistungsmengeninduzierte (lmi) Prozesse aufgenommen, also Prozesse, die mit der Menge variieren. Die leistungsmengenneutralen (lmn) Prozesse sind mengenfixe Aktivitäten, wie beispielsweise das Leiten einer Abteilung. Der Aufwand für diese Tätigkeit ist unabhängig von der schwankenden Leistung der Kostenstelle.[73] Hier wird dem Vorschlag von Coenenberg gefolgt, für Kostenvergleiche und Make-or-Buy-Entscheidungen die lmn-Prozesse nicht einzubeziehen, um die Kosteninformationen nicht zu verzerren.[74]

[71] Ein Beispiel für einen aus diesen Teilprozessen zusammengesetzten Hauptprozess findet sich in Abbildung 5.5.
[72] vgl. Scheer (1998b), S. 671
[73] vgl. Horváth/Mayer (1989), S. 216
[74] vgl. Coenenberg (1999), S. 207

Bestimmung der Kostentreiber und Maßgrößen

Nach der Identifikation der Teilprozesse werden nun die maßgeblichen *Kostentreiber* identifiziert und die Bezugsgrößen für die lmi-Prozesse festgelegt. Kostentreiber sind die Haupteinflussgrößen der Kostenentstehung. Diese Maßgrößen dienen einerseits der Messung des Outputs und andererseits der Messung der Kosten durch die Inanspruchnahme von Ressourcen.[75] Kostentreiber sollen eine mengenmäßige Quantifizierung der Prozesse erlauben und folgende Voraussetzungen erfüllen:[76]

- Proportionalität zur Ressourcenbeanspruchung
- einfache Ableitbarkeit aus Informationssystemen
- leichte und verständliche Rechenbarkeit
- möglichst unmittelbarer Bezug zum Produkt
- Erfassung eines möglichst großen Kostenanteils

Allerdings sollten in einem Kalkulationsschema nicht zu viele unterschiedliche Kostentreiber berücksichtigt werden. Dadurch wird das Kalkulationsschema zwar vielleicht genauer, aber auch unübersichtlicher, schwerfälliger und nicht mehr handhabbar. *„Viele Fragen, vor allem strategischer Art, lassen sich bereits mit wenigen, komprimierten Informationen der Hauptprozesse beantworten.“*[77]

Für die Kostentreiber müssen die *Bezugsgrößen* bestimmt werden. Diese sind üblicherweise Leistungseinheiten (Stück, Meter, Liter, kg etc.) oder Zeiteinheiten (Maschinenstunden, Arbeitsstunden).[78] In der Tabelle 4.1 werden die Kostentreiber und Bezugsgrößen für alle identifizierten Teilprozesse aufgelistet.

Bei den Bezugsgrößen ist darauf zu achten, auf welche Leistungs- oder Zeiteinheiten sich die Teilprozesse beziehen. Einige Teilprozesse beziehen sich auf ein Gebinde.[79] So wird beispielsweise bei einem „Internen Transport“ immer ein komplettes Gebinde von einer Zugmaschine befördert. Somit hat unter der Annahme, dass bei einem internen Transport eines Gebindes vom Lager an die Montagelinie in einem Gebinde 10 Teile enthalten sind, jedes Teil ein Zehntel der Transportkosten zu tragen.

[75] vgl. Olfert (2005), S. 376
[76] vgl. Schulte (2005), S. 632
[77] Däumler/Grabe (2004), S. 260
[78] vgl. Horváth/Mayer (1989), S. 216
[79] Ein Gebinde wird hier als Oberbegriff für verschiedene Behälterarten genutzt. Ein Gebinde kann beispielsweise aus mehreren kleineren, sogenannten teileführenden Behältern, einer Bodenpalette und einem Deckel zusammengesetzt werden. Durch den Teilprozess „Vereinzelung“ wird ein Gebinde in die kleineren Behälter zerlegt.

Teilprozess		Kostentreiber	Bezugsgröße	Einheit	Berichtsgröße	Einheit
Externer Transport	lmi	Anzahl transportierter Gebinde	Transportvolumen je Teil und Zeiteinheit	m³/Tag	Transportvolumen je Fahrzeug	m³/ Fahrzeug
Wareneingang	lmi	Anzahl eingelagerter Gebinde	Handlingszeit je Gebinde	Minuten/ Gebinde	Handlingszeit je Fahrzeug	Minuten/ Fahrzeug
			Handlingszeit mit Flurförderzeug je Gebinde	Minuten/ Gebinde	Handlingszeit mit Flurförderzeug je Fahrzeug	Minuten/ Fahrzeug
Lagerung	lmi	Anzahl Gebinde im Lager	Flächenbedarf je Teileumfang	m²	Flächenbedarf je Fahrzeug	m²/ Fahrzeug
Interner Transport	lmi	Anzahl transportierter Gebinde	Handlingszeit mit Flurförderzeug je Gebinde	Minuten/ Gebinde	Handlingszeit mit Flurförderzeug je Fahrzeug	Minuten/ Fahrzeug
Pufferung	lmi	Anzahl gepufferter Gebinde	Handlingszeit mit Flurförderzeug je Gebinde	Minuten/ Gebinde	Handlingszeit mit Flurförderzeug je Fahrzeug	Minuten/ Fahrzeug
			Flächenbedarf je Teileumfang	m²	Flächenbedarf je Fahrzeug	m²/ Fahrzeug
Bereitstellung	lmi	Anzahl bereitgestellter Gebinde	Handlingszeit mit Flurförderzeug je Gebinde	Minuten/ Gebinde	Handlingszeit mit Flurförderzeug je Fahrzeug	Minuten/ Fahrzeug
Vereinzelung	lmi	Anzahl vereinzelter Behälter	Handlingszeit je Behälter	Minuten/ Behälter	Handlingszeit je Fahrzeug	Minuten/ Fahrzeug
Sequenzierung	lmi	Anzahl sequenzierter Teile	Handlingszeit je Teil	Minuten/ Teil	Handlingszeit je Fahrzeug	Minuten/ Fahrzeug

Tabelle 4.1: Teilprozesse mit zugehörigen Kostentreibern und Bezugsgrößen

Um die Ressourcenverbräuche aller Teilprozesse aggregieren und vergleichen zu können, müssen diese auf eine *gemeinsame Bezugsbasis* umgerechnet werden. Diese gemeinsame Bezugsbasis bildet *„ein zu produzierendes Fahrzeug“*. Dies wird hier als *Berichtsgröße* bezeichnet.

Beispiel: Nachdem nicht jedes Teil in jedes gebaute Fahrzeug eingeht, muss zur Normierung auf „ein zu produzierendes Fahrzeug“ die Einbaurate berücksichtigt werden. Wenn die Einbaurate des oben genannten Bauteils 50 Prozent beträgt, ergibt sich als zu berücksichtigende Transportzeit 0,25 Minuten je zu produzierendem Fahrzeug.

Die Ermittlung der Ressourcenverbräuche und die Umrechnungen auf die gemeinsame Bezugsbasis „ein zu produzierendes Fahrzeug“ wird im Kapitel 4.4.4 im Rahmen der Erläuterung des Kalkulationsschemas nochmals ausführlicher dargestellt.

Bestimmung der relevanten Kostenkategorien je Teilprozess

Für diese Teilprozesse werden nun die dort zu verfolgenden Kostenarten ausgewiesen. Eine *Kostenart „[...] beschreibt und umfaßt, den für einen bestimmten Produktionsfaktortyp (für eine bestimmte Güter- oder Dienstleistungsart) festzustellenden (entstehenden) Werteverzehr.“*[80] Kostenarten leiten sich vom Verbrauch bzw. der Inanspruchnahme dieser Produktionsfaktoren ab.

[80] Hummel/Männel (1999), S. 392

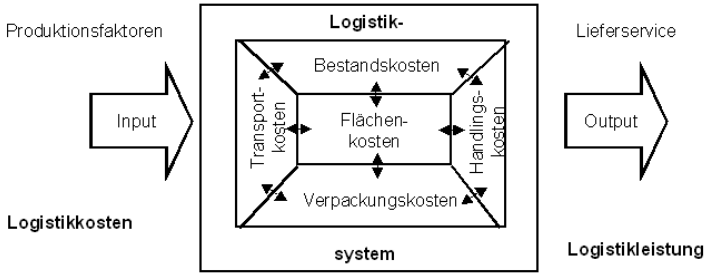

Abbildung 4.6: Kostenkategorien für die Bewertung eines Logistiksystems (in Anlehnung an Pfohl (2000), S. 31-32)

Die bereits in der Tabelle 4.2 dargestellten Kostenarten werden für die Bewertung der Logistikkosten eines Fahrzeugmodells auf der taktischen Ebene der Logistikplanung vor SOP in fünf *Kostenkategorien* zusammengefasst (vgl. Abbildung 4.6). Zu Kostenkategorien werden üblicherweise gleichartige Kostenelemente gruppiert. Dabei wird hauptsächlich auf die Abhängigkeit dieser Kostenelemente von Kosteneinflussgrößen und auf deren Zurechenbarkeit abgestellt.[81]

Die Auswahl dieser Kostenkategorien in dieser Arbeit orientiert sich an den festgelegten Hauptprozessen und Kostentreibern der Logistikplanung. Für die beschriebenen Kostenarten lassen sich direkte Beziehungen zum Produkt und der Realisierungsentscheidung eines Fahrzeugmodells herstellen. Somit kann die produktindividuelle „Leistungsinanspruchnahme“ durch die Kostentreiber abgebildet werden.[82]

Kostenkategorie Transportkosten Während der Serienphase stellen die realen Frachtkosten mit Bezug auf das Kalkulationsobjekt „Fahrzeugmodell“ meist Gemeinkosten dar, da häufig Teile für mehrere Fahrzeugmodelle auf einem Transport zusammengefasst werden. Eine Kostenzuordnung ist nur über eine Schlüsselung möglich. Durch die Nutzung analytischer Planungsverfahren werden während der Planungsphase die Frachtkosten teilebezogen ermittelt. Auf Basis der Verpackungs- und Durchsatzdaten für ein gegebenes Fahrzeugprogramm können die Transportvolumenströme ermittelt und mit entfernungsabhängigen Transportkostensätzen bewertet werden. Die auf diese Weise ermittelten Transportkosten stellen in Bezug auf ein Fahrzeugmodell relative Einzelkosten dar. Die für eine bestimmte Zeiteinheit ermittelten Transportkosten können unter Berücksichtigung der Einbauraten und der Anzahl notwendiger Teile für ein Fahrzeug auf die Be-

[81] Hummel/Männel (1999), S. 392-393
[82] vgl. Däumler/Grabe (2004), S. 275

zugsgröße „Kosten je zu produzierendes Fahrzeug“ umgerechnet werden. Ist eine weitere Detaillierung der Planung notwendig, können noch weitere Kostenarten wie Zölle einbezogen werden oder die Transportkosten werden in verkehrsträgerspezifische Gruppen unterteilt, beispielsweise Bahnfracht, Seefracht und LKW-Fracht.

Kostenkategorie Bestandskosten Eine wichtige Kostenart in Unternehmen bilden die Materialkosten. Diese werden häufig noch in Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe unterteilt. Über die Wahl und Gestaltung der logistischen Abläufe beeinflusst die Logistik die Verweildauer dieser Materialien im Unternehmen. Den entscheidenden Faktor zur Beeinflussung der *Bestandskosten* bilden die vorzuhaltenden Lagerreichweiten für die einzelnen Teile. Diese werden in Abhängigkeit von der Entfernung des jeweiligen Lieferanten festgelegt. Ist der Wert des jeweiligen Teils bekannt, können die Bestandskosten unter Annahme eines kalkulatorischen Zinssatzes berechnet werden. Auch diese Kosten können direkt einem Fahrzeugmodell zugerechnet und auf die Bezugsgröße „Kosten je zu produzierendes Fahrzeug“ umgerechnet werden.

Kostenkategorie Handlingskosten Die *Handlingskosten* werden während der Planungsphase ebenfalls über analytische Planungsverfahren aus den abgebildeten logistischen Prozessketten und den durch dieses Fahrzeugmodell verursachten Behälterdurchsätzen abgeleitet und mit einem Kostensatz bewertet. Bei den Handlingskosten wird zwischen den Kostenarten „Personalkosten“ und „Flurförderzeugkosten“ unterschieden. Diese werden den Teilprozessen zugewiesen.

Die Bewertung der Zeiteinheiten mit Kostensätzen bringt die Nutzung der Ressourcen „Mitarbeiter“ und „Flurförderzeuge“ durch die Logistikprozesse zum Ausdruck. Diese Ressourcen könnten ansonsten anderweitig eingesetzt werden.

Die analytisch auf Teilebasis geplanten Handlingskosten sind einem Fahrzeugmodell zurechenbar. Während der Serienphase erweist sich diese Zuordnung aber als sehr schwierig, da einzelne Kostenstellen oftmals für mehrere Fahrzeugmodelle tätig sind und die Kosten nur auf Basis einer Schlüsselung zugeordnet werden könnten.

Kostenkategorie Flächenkosten Eine weitere Kostenkategorie bilden die *Flächenkosten*. Diese werden in Form von benötigten Lager-, Umschlags- und Sequenzierflächen rechnerisch ermittelt und mit flächenspezifischen Mietkostensätzen bewertet. Diese Kostensätze bringen die Inanspruchnahme der knappen Ressource „Fläche“ im Sinne von Opportunitätskosten in dem Planungskalkül in Ansatz. Über eine kostenmäßige Staffelung

der Flächenkostensätze in Abhängigkeit von der Entfernung und Zugänglichkeit der Senke kann beispielsweise die effiziente Flächenbelegung gesteuert werden. Teile mit hohem Bedarf werden senkennah gelagert, da die kurzen Transportzeiten die hohen Flächenkosten überkompensieren. Umgekehrt können Teile mit geringem Bedarf auf den senkenfernen Flächen gelagert werden, da die langen Transportfahrten nur relativ selten notwendig sind. Die analytisch ermittelten Flächenkosten sind einem Fahrzeugmodell zurechenbar und als relative Einzelkosten mit in das Planungskalkül einzubeziehen.

Längerfristige Strukturinvestitionen, also beispielsweise der Bau einer neuen Logistikhalle, werden nicht in das Planungskalkül einbezogen. Diese Kosten werden als nicht relevant betrachtet, da diese nicht alternativenspezifisch sind.[83] Hier wird argumentiert, dass die Nutzungs- und Abschreibungsdauer einer Immobilie, also beispielsweise einer neuen Lagerhalle, weit über den Lebenszyklus eines Fahrzeugmodells hinausgeht und daher diese Kosten nicht für die Entscheidungsaufgaben der Logistikplanung im Rahmen des vorgeschlagenen Planungskalküls relevant sind. Investitionsentscheidungen, die die Werksstrukturen langfristig beeinflussen, müssen auf einer strategischen Ebene getroffen werden.

Kostenkategorie Verpackungskosten Die fünfte Kostenkategorie bilden die *Verpackungskosten*. Der Fokus liegt auf den Investitionen für fahrzeugmodellspezifische *Spezialbehälter*. Auf Basis des Identitätsprinzips können diese Kosten auf die Realisierungsentscheidung des Fahrzeugmodells zurückgeführt werden. Diese Kosten stellen Fixkosten dar und sind bezüglich eines einzelnen produzierten Fahrzeugs als Gemeinkosten zu betrachten. Mit Blick auf das komplette Fahrzeugmodell und über die Modelllaufzeit betrachtet, bilden diese Kosten dem Fahrzeugmodell zurechenbare „relative“ Einzelkosten. Diese Kosten sind alternativenspezifisch und daher als entscheidungsrelevant zu betrachten.[84] Die Investitionskosten werden üblicherweise aber als komplette Summe auf der Basis eines Teileumfangs verfolgt und nicht auf ein einzelnes zu produzierendes Fahrzeug bezogen. An dieser Stelle unterscheidet sich die Handhabung der Investitionen für Spezialbehälter von den restlichen Kostenarten. Die Planung der Investitionen sollte in enger Verzahnung mit der Planung der logistischen Abläufe stattfinden, da diese die Anzahl der zu beschaffenden Behälter, z.B. über die Entfernung vom Lieferanten oder geplante Lagerreichweiten, maßgeblich beeinflusst.

Standardbehälter werden von mehreren Fahrzeugmodellen und Werken genutzt. Analog der Argumentation bei langfristigen Strukturinvestitionen sind diese Kosten nicht alterna-

[83] vgl. Kapitel 4.4.2
[84] vgl. Kapitel 4.4.2

Hauptprozesse / Teilprozesse / Kostenkategorien (in €/Monat)	Verpackung	Materialfluss							
		Externer Transport	Waren-eingang	Interner Transport	Lagerung	Pufferung	Bereit-stellung	Ver-einzelung	Sequen-zierung
Transportkosten		x							
Bestandskosten					x				
Handlingskosten ohne Flurförderzeuge			x		x	x	x	x	x
Handlingskosten mit Flurförderzeugen (hallengebunden)			x		x	x	x	x	x
Handlingskosten mit Flurförderzeugen (nicht hallengebunden)				x					
Handlingskosten			x	x	x	x	x	x	x
Flächenkosten					x		x	x	x
Verpackungskosten	x								
Logistikkosten	x	x	x	x	x	x	x	x	x

Tabelle 4.2: Kostenkategorien je Teilprozess

tivenspezifisch und werden daher als nicht entscheidungsrelevant betrachtet.[85] Es wird die Anzahl der je Teileumfang gebundenen Behälter ermittelt und es erfolgt eine Bewertung der Inanspruchnahme der Ressource „Standardbehälter“ über Mietkostensätze.

Sollen auch die Kosten für „Spezialbehälter“ auf Basis der Bezugsgröße „Kosten je zu produzierendes Fahrzeug“ verfolgt werden, lassen sich die Investitionen in Mietkostensätze für Spezialbehälter umrechnen. Kostet ein Spezialbehälter beispielsweise 500 Euro in der Anschaffung und kann für einen Modelllebenszyklus von 7 Jahren (84 Monate) eingesetzt werden, ergibt sich ein Mietkostensatz von 5,95 Euro/Monat.

Zuordnung von Teilprozess und Kostenkategorie Die Plankosten werden jeweils für den Hauptprozess „Verpackung“ und die Teilprozesse „Externer Transport“, „Wareneingang“, „Lagerung“, „Interner Transport“, „Pufferung“, „Bereitstellung“, „Vereinzelung“ und „Sequenzierung“ ermittelt und ausgewiesen, da diese Kosten gesamtheitlich für ein Fahrzeugprojekt verfolgt und berichtet werden müssen. Nur abteilungsübergreifende Maßnahmen und die Verantwortungsübertragung für den gesamten Prozess führen zu einer effizienten Prozessgestaltung.[86] Dies wird in Tabelle 4.2 dargestellt.

Festlegung der Planprozessmengen und der Prozesskostensätze

Prozesskosten können entweder auf Prozessebene analytisch geplant, auf eine analytische Planung der Kostenstellenkosten aufgebaut oder aus Vergangenheitswerten retrograd ermittelt werden. Auf Prozessebene analytisch zu planen heißt, auf Basis der Planbezugsgrößenmenge alle Kostenarten mit Hilfe technischer Studien und methodischer Vorgehensweisen originär zu planen.[87]

Da durch den Einsatz von Prozesskettenmodellen für die Logistikplanung vor SOP detaillierte, kostenträgerindividuelle Logistikprozessbeschreibungen und Stücklisten vorliegen,

[85] vgl. Kapitel 4.4.2
[86] vgl. Striening (1988), S. 21
[87] vgl. Mayer (1991), S. 90

können die Prozesskosten auf analytischem Wege geplant werden. Es sind keine Planprozessmengen für die Teilprozesse notwendig. Es werden Kostensätze auf einer detaillierteren Ebene benötigt, welche als Basis für die analytische Prozesskostenplanung genutzt werden:

- Personalkostensatz [Euro/Minute]
- Kostensatz für Flurförderzeuge [Euro/Stunde]
- Flächenkostensatz [Euro/m^2 und Monat]
- Transportkostensatz [Euro/m^3 und km]
- Mietkostensatz für Gebinde [Euro/Monat]

Diese Kostensätze müssen für jedes Unternehmen individuell ermittelt werden. Je nach Rechenzweck und geforderter Planungsgenauigkeit können diese Kostensätze auch detailliert werden und beispielsweise unterschiedliche Kostensätze für unterschiedliche Lagerhallen oder für dispositive und operative Tätigkeiten hinterlegt werden.

4.4.4 Beschreibung des analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodells für die „taktische Logistikplanung vor SOP“

Nach der genauen Analyse der Aufgaben und Prozesse schließt sich als letzter Punkt die Bildung von Kalkulationsergebnissen und Kennzahlen an.[88] Diese machen auch die betriebswirtschaftlichen Sachverhalte für den Planer überschaubar und unterstützen eine Entscheidung.[89] Durch eine Prozesskostenkalkulation soll die produktspezifische Leistungsinanspruchnahme betrieblicher Ressourcen im indirekten Bereich besser berücksichtigt werden.

Wie eingangs in Kapitel 4.4.1 beschrieben, ist es das Ziel ein Gleichungssystem aufzubauen, das das zu planende Logistiksystem beschreibt und Veränderungen von Parametern ohne Zeitverzug und auf verschiedenen Handlungsebenen sichtbar macht.

[88] vgl. Hennings/Otto/et al. (2003), S. 267
[89] vgl. Liebetruth/Otto (2006), S. 13

Modellbeschreibung

Im Folgenden wird das analytische Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ erläutert. Abbildung 4.7 zeigt das Modell als Übersicht.

Für jede Kalkulation der Logistikkosten für ein Bauteil sind folgende Eingangsdaten notwendig:

- Anzahl (zu produzierende) Fahrzeuge pro Tag [Stück]
- Anzahl (zu produzierende) Fahrzeuge pro Monat [Stück]
- Personalkostensatz [Euro/Minute]
- Kostensatz für Flurförderzeuge (inklusive Fahrer) [Euro/Stunde]
- Flächenkostensatz [Euro/m^2 und Monat]
- Transportkostensatz [Euro/m^3 und km]
- Mietkostensatz für Gebinde [Euro/Monat]
- Einbaurate [%]
- Anzahl Teile pro Fahrzeug [Stück]
- Gebindemaße = Länge x Breite x Höhe [m]
- Stapelfaktor des Behälters [Zahl]
- Anzahl teileführender Behälter [Stück]
- Behälterinhalt [Stück]
- Entfernung des Lieferanten [km]
- Anzahl Umlauftage [Zahl]
- Lagerreichweite [Tage]
- Bruttoflächenfaktor [Zahl]
- Stückkosten [Euro]
- Kalkulatorischer Zinssatz [% p.a.]
- Handlingszeit für Gebinde [Minuten]

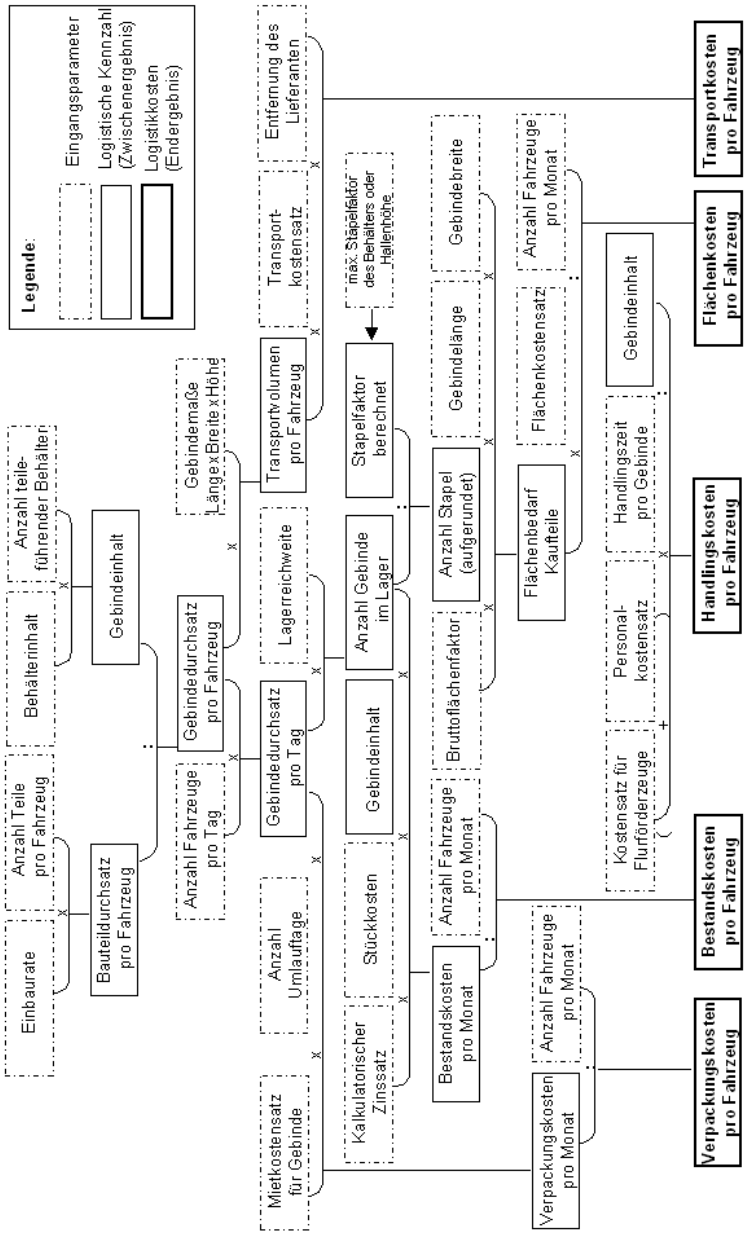

Abbildung 4.7: Analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell für die „taktische Logistikplanung vor SOP“

Auf Basis dieser Eingangsdaten werden durch das Kalkulationsschema folgende Berechnungen vorgenommen und Kennzahlen bzw. Kostengrößen ermittelt:

Der *Durchsatz* stellt eine für alle weiteren Berechnungen zentral wichtige Kennzahl in der Logistik dar. Zunächst wird ermittelt, wie viele Teile je zu produzierendem Fahrzeug benötigt werden:

$$\text{Bauteildurchsatz pro Fahrzeug} = \text{Einbaurate} \times \text{Anzahl Teile pro Fahrzeug}$$

Ein Gebinde setzt sich aus mehreren anderen Behältern zusammen, beispielsweise wenn mehrere Kleinladungsträger auf einer Palette transportiert werden (vgl. Abbildung 5.15). Die Anzahl der teileführenden Behälter setzt sich aus der Anzahl Lagen je Palette und der Anzahl Behälter je Lage zusammen.

$$\text{Gebindeinhalt} = \text{Behälterinhalt} \times \text{Anzahl teileführender Behälter}$$

Auf dieser Basis kann auch der Durchsatz von Gebinden je Fahrzeug und pro Tag berechnet werden.

$$\text{Gebindedurchsatz pro Fahrzeug} = \frac{\text{Bauteildurchsatz pro Fahrzeug}}{\text{Gebindeinhalt}}$$

$$\text{Gebindedurchsatz pro Tag} = \text{Gebindedurchsatz pro Fahrzeug} \times \text{Anzahl Fahrzeuge pro Tag}$$

Eine wichtige Kenngröße zur Beurteilung der Effizienz und der Leistungsfähigkeit eines Logistiksystems stellt das *Transportvolumen* dar.

$$\begin{aligned}\text{Transportvolumen pro Fahrzeug} = {} & \text{Gebindedurchsatz pro Fahrzeug} \times \text{Gebindelänge} \\ & \times \text{Gebindebreite} \times \text{Gebindehöhe}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Transportvolumen pro Tag} = {} & \text{Gebindedurchsatz pro Tag} \times \text{Gebindelänge} \times \text{Gebindebreite} \\ & \times \text{Gebindehöhe}\end{aligned}$$

Die Transportkosten können pro Bauteil durch die Bewertung mit dem Transportkostensatz auf Basis der Entfernung vom Lieferanten ermittelt werden. Die Entfernungen lassen sich beispielsweise durch Entfernungstabellen auf Basis der Postleitzahlen ermitteln. Die Transportkostensätze können beispielsweise noch nach Regionen verfeinert werden. Für grobe Bewertungen während der frühen Planungsphasen ist diese Genauigkeit durchaus ausreichend.

$$\text{Transportkosten pro Fahrzeug} = \text{Transportvolumen pro Fahrzeug} \times \text{Transportkostensatz} \times \text{Entfernung des Lieferanten}$$

$$\text{Transportkosten pro Tag} = \text{Transportvolumen pro Tag} \times \text{Transportkostensatz} \times \text{Entfernung des Lieferanten}$$

Um die im Lager benötigte *Fläche* für ein Bauteil errechnen zu können, sind weitere Rechenschritte erforderlich. Zunächst wird auf Basis des „Gebindedurchsatzes pro Tag“ und der vorzuhaltenden „Lagerreichweite“ die „Anzahl Gebinde im Lager“ bestimmt.

$$\text{Anzahl Gebinde im Lager} = \text{Gebindedurchsatz pro Tag} \times \text{Lagerreichweite}$$

Als weitere Zwischengröße für die Berechnung des Flächenbedarfs wird der „Stapelfaktor berechnet“ benötigt. Dieser gibt den möglichen Stapelfaktor in einem bestimmten Lager an und wird entweder durch den technisch zulässigen Stapelfaktor des Behälters oder durch die begrenzte Hallenhöhe festgelegt. Kann ein 1 m hoher Behälter 8-fach gestapelt werden, während die Hallenhöhe nur 6 m beträgt, ergibt sich für die Flächenberechnung ein „Stapelfaktor berechnet“ von 6.

$$\text{Anzahl Stapel} = \frac{\text{Anzahl Gebinde im Lager}}{\text{Stapelfaktor berechnet}}$$

Für die weiteren Formeln wird die errechnete Anzahl Stapel aufgerundet. Der Flächenbedarf für Kaufteile lässt sich nun wie folgt berechnen:

$$\text{Flächenbedarf Kaufteile} = \text{Anzahl Stapel} \times \text{Gebindelänge} \times \text{Gebindebreite} \times \text{Bruttoflächenfaktor}$$

Der „Bruttoflächenfaktor“ wird auf die berechnete Nettofläche der Behälterstapel aufgeschlagen, um auch die notwendigen Verkehrsflächen in der Planung berücksichtigen zu können. Dieser Faktor bewegt sich in der Praxis in der Regel zwischen 1,5 und 2,5.

Werden die Teile in Losgrößen bearbeitet, muss die Formel entsprechend angepasst werden:

$$\text{Flächenbedarf Hausteile} = \frac{\text{Losgröße} + \text{Sicherheitsbestand}}{\text{Behälterinhalt} \times \text{Anzahl teileführender Behälter} \times \text{Stapelfaktor ber.}}$$

$$\times \text{Gebindelänge} \times \text{Gebindebreite} \times \text{Bruttoflächenfaktor}$$

Um die Gesamtkosten im Rahmen der Prozesskostenermittlung addieren zu können, wird das in m^2 ermittelte Ergebnis mit einem Kostenfaktor bewertet.

$$\text{Flächenkosten pro Monat} = \text{Flächenbedarf Kaufteile (Hausteile)} \times \text{Flächenkostensatz}$$

$$\text{Flächenkosten pro Fahrzeug} = \frac{\text{Flächenkosten pro Monat}}{\text{Anzahl Fahrzeuge pro Monat}}$$

Weiterhin sollen die *Bestandskosten* ermittelt werden. Diese können auf Basis des Teilepreises mit Hilfe eines kalkulatorischen Zinssatzes bewertet werden:

$$\text{Bestandskosten pro Monat} = \text{Anzahl Gebinde im Lager} \times \text{Gebindeinhalt}$$
$$\times \text{Stückkosten} \times \text{kalkulatorischer Zinssatz}$$

$$\text{Bestandskosten pro Fahrzeug} = \frac{\text{Bestandskosten pro Monat}}{\text{Anzahl Fahrzeuge pro Monat}}$$

Die Verpackungskosten lassen sich ermitteln, wenn die Anzahl gebundener Behälter je Teileumfang bekannt ist.

$$\text{Verpackungskosten pro Monat} = \text{Gebindedurchsatz pro Tag} \times \text{Anzahl Umlauftage}$$
$$\times \text{Mietkostensatz für Gebinde}$$

$$\text{Verpackungskosten pro Fahrzeug} = \frac{\text{Verpackungskosten pro Monat}}{\text{Anzahl Fahrzeuge pro Monat}}$$

Einen weiteren Kostenbaustein bilden die *Handlingskosten*, die in Form von logistischen Handlingszeiten erfasst werden. Grundsätzlich lassen sich analytische und synthetische Verfahren zur Ermittlung von Handlingszeitbedarfen unterscheiden. *Analytische Verfahren*, wie z.B. REFA-Verfahren, ermitteln die Vorgabezeiten durch Zeitmessungen. Da jedoch in frühen Planungsphasen die Prozessabläufe noch nicht für eine Zeitaufnahme beobachtet werden können, kommen nur *synthetische Verfahren* in Frage.

Diese zerlegen Arbeitsabläufe in kleine Grundelemente (Greifen, Gehen, Loslassen, Auftrag lesen etc.) und ordnen diesen Grundelementen aus Bewegungszeittabellen Zeitwerte zu. Durch die Addition der einzelnen Zeitbausteine kann die Gesamtprozesszeit ermittelt werden.[90] Der Vorteil dieses Verfahrens ist, dass auch vollkommen neuartige Prozessabläufe abgebildet und bewertet werden können, lange bevor die ersten Teile für Zeitmessungen etc. zur Verfügung stehen. Der Nachteil besteht in dem enormen Arbeitsaufwand, den die detaillierte Abbildung der logistischen Prozesse erfordert.

Für die Logistikplanung enthält eine Bibliothek Zeitbausteine für elementare Operationen (Elementarzeit), wie z.B. „1 m gehen“, „Behälter aufnehmen“. Aus diesen Zeitbausteinen werden Prozesszeiten zusammengesetzt. Eine oder mehrere Prozesszeiten beschreiben den Zeitaufwand für eine logistische Operation. Eine Folge logistischer Operationen bildet ein Anlieferkonzept. Die Einzelzeiten können für die einzelnen Operationen oder für den gesamten Prozess aufsummiert werden. Diese Gesamtzeit bezieht sich auf ein Gebinde (vgl. Abbildung 4.8). Um auf die Handlingszeit pro Fahrzeug zu kommen, wird diese Zeit durch den Gebindeinhalt geteilt:

$$\text{Handlingskosten pro Fahrzeug} = \frac{\text{Handlingszeit} \times (\text{Personal- + Flurförderzeugkostensatz})}{\text{Gebindeinhalt}}$$

Ebenso ist zu berücksichtigen, dass vor allem während der internen Transporte mehrere Gebinde gleichzeitig transportiert werden. Also dürfen auch diese Zeitaufwände nur anteilig zugerechnet werden. Diese für ein Bauteil ermittelten Berechnungsergebnisse werden im Rahmen der fahrzeugprojektweiten Auswertungen aufsummiert und aggregiert.

[90] vgl. Däumler/Grabe (2004), S. 67-71

Durchführung eines Berechnungsbeispiels

Im Folgenden wird nun ein Berechnungsbeispiel für das im vorigen Kapitel dargestellte Kalkulationsschema gezeigt.

Die Planungsprämissen werden üblicherweise zentral für ein Planungsprojekt festgelegt:

- Anzahl Fahrzeuge pro Tag = 1.000 Stück
- Anzahl Fahrzeuge pro Monat = 20.000 Stück (bei angenommenen 20 Arbeitstagen pro Monat)
- Personalkostensatz = 0,50 Euro/Minute
- Kostensatz für Flurförderzeuge = 15 Euro/Stunde oder 0,25 Euro/Minute
- Flächenkostensatz = 5 Euro/m^2 und Monat
- Transportkostensatz = 0,01 Euro/m^3 und km
- Mietkostensatz für Behälter = 6 Euro/Monat
- Bruttoflächenfaktor = 2,5
- Kalkulatorischer Zinssatz = 3 % p.a.

Des Weiteren werden für die Berechnungen folgende Eingangsdaten benötigt, welche aus verschiedenen anderen Softwaresystemen stammen und dem Planer für jedes Bauteil zur Verfügung gestellt werden. Diese Daten kann der Planer im Laufe des Planungsprozesses gegebenenfalls aber anpassen:

- Einbaurate = 90 %
- Anzahl Teile pro Fahrzeug[91] = 1 Stück
- Entfernung des Lieferanten = 200 km
- Anzahl Umlauftage = 12 Tage
- Stückkosten = 20 Euro

Auf Basis dieser Eingangsdaten ordnet der Planer dem Bauteil ein Verpackungskonzept zu:

- Gebinde = Großladungsträger (Maße = Länge 1m x Breite 1,2m x Höhe 1m)

[91] Beispielsweise wäre für ein Radio die Anzahl Teile pro Fahrzeug gleich 1. Bei Rädern wäre die Anzahl z.B. 4 Stück pro Fahrzeug bzw. 5 Stück bei Bestellung eines vollwertigen Reserverads.

- Stapelfaktor des Behälters = 6
- Anzahl teileführender Behälter = 1 Stück
- Behälterinhalt = 40 Stück
- Lagerreichweite = 2 Tage

Des Weiteren muss der Planer ein Anlieferkonzept in Form eines Prozesskettenmodells erstellen oder ein bereits vordefiniertes Anlieferkonzept auswählen. Die Handlingszeiten setzen sich in dem Beispiel wie folgt zusammen:

- Wareneingang: 2 Minuten/Gebinde
- Interner Transport: 5 Minuten/Rundfahrt für 6 Gebinde je Fahrt. Daher wird pro Gebinde nur 1/6 der Zeit gerechnet. In diesem Fall also 0,8333 Minuten.
- Lagerung: 3 Minuten/Gebinde
- Interner Transport: 13 Minuten/Rundfahrt für 18 Gebinde je Fahrt. Daher wird pro Gebinde nur 1/18 der Zeit gerechnet. In diesem Fall also 0,7222 Minuten.
- Bereitstellung: 1 Minute/Gebinde
- Interner Transport (Leergut): 15 Minuten/Rundfahrt für 18 Gebinde je Fahrt. Daher wird pro Gebinde nur 1/18 der Zeit gerechnet. In diesem Fall also 0,8333 Minuten.
- In Summe fallen Handlingszeiten für dieses Beispielanlieferkonzept von 8,3888 Minuten/Gebinde an.

Abbildung 4.8 zeigt nochmals im Überblick die Eingangsdaten in die Kostenplanung. Einem Bauteil ist ein Lieferant und ein Behälter mit Inhalt und Maßen zugeordnet. Ebenso ist ein Anlieferkonzept zugeordnet. Dieses wird in der Abbildung nur ausschnittsweise dargestellt. Jeder Teiloperation des Logistikprozesses sind Ressourcen zugewiesen. Die Lageroperation beispielsweise, findet für dieses Bauteil auf der Fläche 2 statt und es wird zur Einlagerung ein Fahrer und ein Gabelstapler auf dieser Fläche benötigt. Die 3 Minuten/Gebinde Handlingszeit werden für diese Teiloperation noch weiter detailliert in sechs Aktivitäten untergliedert. Auf dieser Ebene lassen sich sämtliche logistischen Prozesse beschreiben.

In Abbildung 4.9 wird das im Folgenden ausführlich dargestellte Rechenbeispiel zusammengefasst.

Zunächst wird ermittelt, wie viele Bauteile je zu produzierendem Fahrzeug benötigt werden:

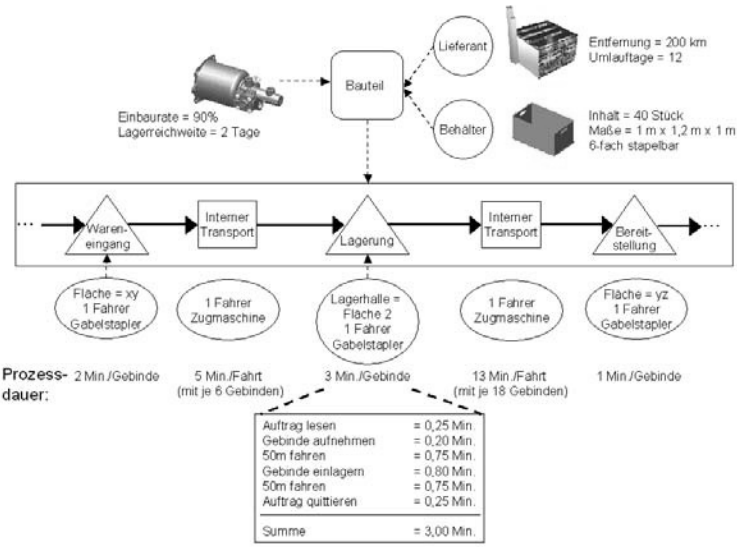

Abbildung 4.8: Aufbau einer beispielhaften Planung auf Bauteilbasis mit Planungsdaten

$$\text{Bauteildurchsatz pro Fahrzeug} = 0,9 \times 1 \text{ Stück} = 0{,}9 \text{ Stück}$$

In diesem Beispiel handelt es sich um einen Großladungsträger. Daher ist die „Anzahl teileführender Behälter“ = 1

$$\text{Gebindeinhalt} = 40 \text{ Stück} \times 1 \text{ Stück} = 40 \text{ Stück}$$

Auf dieser Basis kann auch der Durchsatz von Gebinden je Fahrzeug und pro Tag berechnet werden.

$$\text{Gebindedurchsatz pro Fahrzeug} = \frac{0{,}9 \text{ Stück}}{40 \text{ Stück}} = 0{,}0225 \text{ Stück}$$

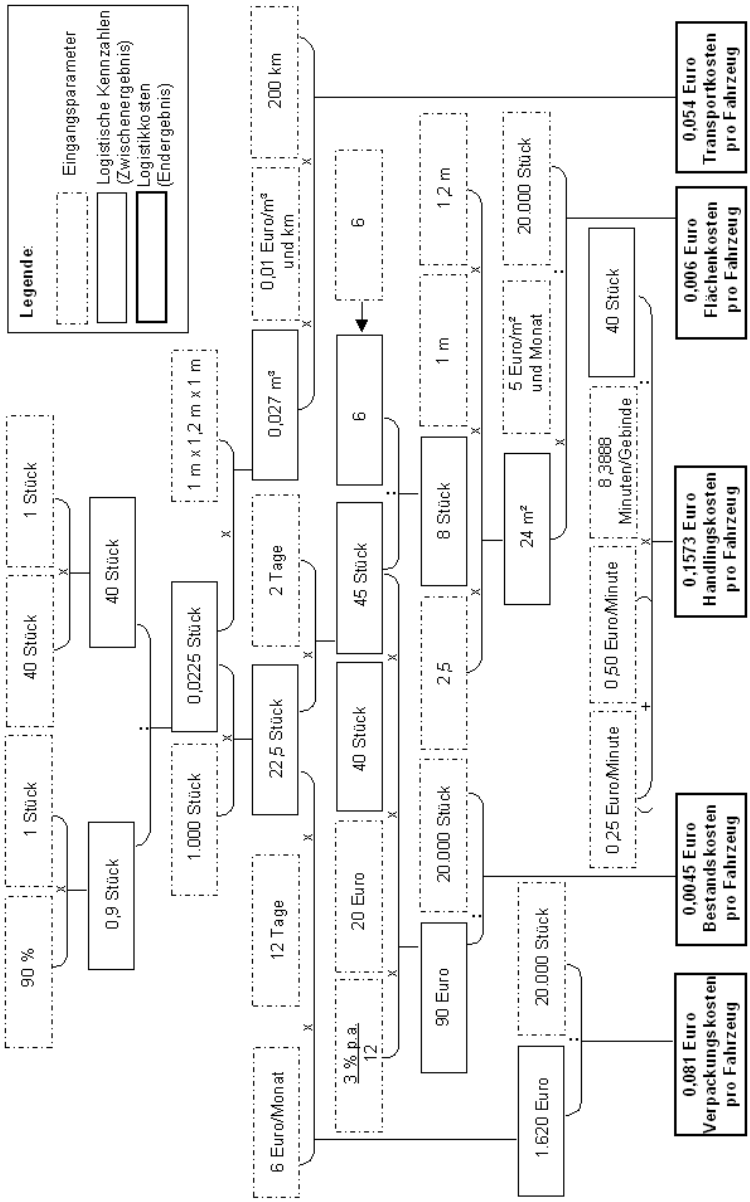

Abbildung 4.9: Analytisches Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell für das vorliegende Rechenbeispiel

$$\text{Gebindedurchsatz pro Tag} = 0{,}0225 \text{ Stück} \times 1.000 \text{ Stück} = 22{,}5 \text{ Stück}$$

Als nächstes wird das Transportvolumen berechnet.

$$\text{Transportvolumen pro Fahrzeug} = 0{,}0225 \text{ Stück} \times 1 \text{ m} \times 1{,}2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 0{,}027 \text{ m}^3$$

$$\text{Transportvolumen pro Tag} = 22{,}5 \text{ Stück} \times 1 \text{ m} \times 1{,}2 \text{ m} \times 1 \text{ m} = 27 \text{ m}^3$$

Für grobe Bewertungen während der frühen Planungsphasen ist diese Genauigkeit durchaus ausreichend. Für A-Teile, also Teile mit besonders hohem Transportaufkommen, kann eine exakte Transportkostenbewertung durch eine Frachtkostenanfrage an die Transportabteilung bzw. durch eine Ausschreibung am Markt ermittelt und in dem Planungswerkzeug hinterlegt werden. Die dafür notwendigen Informationen, wie Teilenummer, Lieferant, Verpackungsdaten, Transportvolumen pro Zeiteinheit etc. können dem Planungswerkzeug entnommen werden.

$$\text{Transportkosten pro Fahrzeug} = 0{,}027 \text{ m}^3 \times 0{,}01 \text{ Euro/m}^3 \text{ und km} \times 200 \text{ km} = 0{,}054 \text{ Euro}$$

$$\text{Transportkosten pro Tag} = 27 \text{ m}^3 \times 0{,}01 \text{ Euro/m}^3 \text{ und km} \times 200 \text{ km} = 54 \text{ Euro}$$

Um die im Lager benötigte Fläche für ein Bauteil errechnen zu können, wird auf Basis des Gebindedurchsatzes die „Anzahl Gebinde im Lager“ bestimmt.

$$\text{Anzahl Gebinde im Lager} = 22{,}5 \text{ Stück} \times 2 \text{ Tage} = 45 \text{ Stück}$$

Nun lässt sich die Anzahl Stapel im Lager errechnen:

$$\text{Anzahl Stapel} = \frac{45\ \text{Stück}}{6} = 7{,}5\ \text{Stück}$$

Im Weiteren wird mit einem auf 8 Stapel aufgerundeten Wert weitergerechnet, da auch unvollständige Stapel die gleiche Grundfläche belegen. Der Flächenbedarf für Kaufteile lässt sich nun wie folgt berechnen:

$$\text{Flächenbedarf Kaufteile} = 8\ \text{Stück} \times 1\ \text{m} \times 1{,}2\ \text{m} \times 2{,}5 = 24\ \text{m}^2$$

Der „Bruttoflächenfaktor“ wird auf die berechnete Nettofläche der Behälterstapel aufgeschlagen, um auch die notwendigen Verkehrsflächen in der Planung berücksichtigen zu können.

Um die Gesamtkosten im Rahmen der Prozesskostenermittlung addieren zu können, wird das in m^2 ermittelte Ergebnis mit einem Kostenfaktor bewertet und wiederum auf ein Fahrzeug normiert.

$$\text{Flächenkosten pro Monat} = 24\ \text{m}^2 \times 5\ \text{Euro/m}^2 = 120\ \text{Euro}$$

$$\text{Flächenkosten pro Fahrzeug} = \frac{120\ \text{Euro}}{20.000\ \text{Stück}} = 0{,}006\ \text{Euro}$$

Die Bestandskosten werden auf Basis des Teilepreises, der beispielsweise aus den Systemen des Einkaufs bezogen werden kann, mit Hilfe eines kalkulatorischen Zinssatzes bewertet:

$$\text{Bestandskosten pro Monat} = 45\ \text{Stück} \times 40\ \text{Stück} \times 20\ \text{Euro} \times \frac{0{,}03}{12} = 90\ \text{Euro}$$

$$\text{Bestandskosten pro Fahrzeug} = \frac{90\ \text{Euro}}{20.000\ \text{Stück}} = 0{,}0045\ \text{Euro}$$

Hauptprozesse / Teilprozesse / Kostenkategorien (in €/Monat)	Verpackung	Materialfluss							
		Externer Transport	Waren-eingang	Interner Transport	Lagerung	Pufferung	Bereit-stellung	Ver-einzelung	Sequen-zierung
Transportkosten		0,054							
Bestandskosten					0,0045				
Handlingskosten ohne Flurförderzeuge									
Handlingskosten mit Flurförderzeugen (hallengebunden)			0,0375		0,0563		0,01875		
Handlingskosten mit Flurförderzeugen (nicht hallengebunden)				0,04479					
Handlingskosten					0,0563				
Flächenkosten					0,006				
Verpackungskosten	0,081								
Logistikkosten	0,081	0,054	0,0375	0,04479	0,0668		0,01875		

Tabelle 4.3: Beispielhafte Darstellung des Kalkulationsergebnisses je Teilprozess auf Basis „Kosten je produziertem Fahrzeug“

Zur Berechnung der Verpackungskosten wird der Gebindedurchsatz pro Tag mit den Umlauftagen und dem Mietkostensatz multipliziert.

$$\text{Verpackungskosten pro Monat} = 22{,}5 \text{ Stück} \times 12 \text{ Tage} \times 6 \text{ Euro/Monat} = 1.620 \text{ Euro}$$

$$\text{Verpackungskosten pro Fahrzeug} = \frac{1.620 \text{ Euro}}{20.000 \text{ Stück}} = 0{,}081 \text{ Euro}$$

Als gesamte Handlingszeit fallen in dem Beispiellogistikprozess 8,388 Minuten/Gebinde an. Diese Gesamtzeit bezieht sich auf ein Gebinde. Um auf die Handlingszeit pro Fahrzeug zu kommen, muss diese Zeit durch den Gebindeinhalt geteilt werden. Alle Handlingsschritte benötigen ein Flurförderzeug. In diesem Beispiel wird für alle Arten von Flurförderzeugen mit dem gleichen Kostensatz von 0,75 Euro/Minute inklusive Fahrer gerechnet.

$$\text{Handlingskosten pro Fahrzeug} = \frac{8{,}3888 \text{ Minuten} \times 0{,}75 \text{ Euro/Minute}}{40 \text{ Stück}} = 0,1573 \text{ Euro}$$

Die errechneten Werte können nun je Teilprozess ausgewiesen werden, wie dies bereits in Tabelle 4.2 vorgeschlagen wurde.

Die externen Transport-, Bestands- und Verpackungskosten werden direkt aus der Kalkulation übernommen. Die Kosten für den internen Transport werden summiert. Es ist dabei darauf zu achten, dass bei dieser Teiloperation immer komplette Gebinde transportiert werden. Dies bedeutet, dass die Handlingszeiten je Transport noch durch den Behälterinhalt geteilt werden müssen.

Ermittlung der Kosten für den Internen Transport:

Hauptprozesse / Teilprozesse / Kostenkategorien (in € Monat)	Verpackung	Materialfluss							
		Externer Transport	Waren-eingang	Interner Transport	Lagerung	Pufferung	Bereit-stellung	Ver-einzelung	Sequen-zierung
Transportkosten		1080							
Bestandskosten					90				
Handlingskosten ohne Flurförderzeuge									
Handlingskosten mit Flurförderzeugen (hallengebunden)			750		1126		375		
Handlingskosten mit Flurförderzeugen (nicht hallengebunden)				895,8					
Handlingskosten					1126				
Flächenkosten					120				
Verpackungskosten	1620								
Logistikkosten	1620	1080	750	895,8	1336		375		

Tabelle 4.4: Beispielhafte Darstellung des Kalkulationsergebnisses je Teilprozess auf Monatsbasis (bei 20.000 produzierten Fahrzeugen pro Monat)

$$\frac{0{,}8333 + 0{,}7222 + 0{,}8333 \text{ Minuten/Gebinde}}{40 \text{ Stück}} \times 0{,}75 \text{ Euro/Minute} = 0{,}04479 \text{ Euro}$$

Auf der Fläche 2 entstehen für das Beispielbauteil Flächenkosten von 0,006 Euro und es wird ein Flurförderzeug zur Einlagerung für 3 Minuten/Gebinde benötigt:

$$\frac{3 \text{ Minuten/Gebinde}}{40 \text{ Stück}} \times 0{,}75 \text{ Euro/Minute} = 0{,}0563 \text{ Euro}$$

Da sich bei der Bezugsbasis „Kosten je zu produzierendem Fahrzeug“ sehr geringe Euro-Werte ergeben, werden die Ergebnisse in Tabelle 4.4 nochmals für eine ganze Monatsproduktion ausgewiesen.

Werden diese Planungstätigkeiten für alle relevanten Bauteile eines Fahrzeugs durchgeführt, können die kompletten Logistikkosten rechnerisch ermittelt und je Teilprozess gesammelt werden.

Der Rechnungszweck für die Logistikplanung, der in Kapitel 4.4.2 beschrieben wird, kann erfüllt werden. Auf Basis der Planungsergebnisse lassen sich mit entsprechenden Auswertungen die Fragen auf allen drei in Abbildung 4.4 dargestellten Lenkungsebenen der Logistikplanung beantworten.

4.5 Soll-Planungsprozess mit softwaretechnischer Unterstützung

Um die rollenübergreifende Verwendung des im vorigen Kapitel entwickelten „analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodells“ zu erläutern, wird im Folgenden zunächst ein *Soll-Planungsablauf* für die Logistik vor SOP vorgeschlagen und anschließend der Einsatz anhand eines Beispielfalls veranschaulicht.

Die groben Planungsabläufe der Logistik vor SOP können mit Hilfe von *Wertschöpfungskettendiagrammen*[92] dargestellt werden. Bereits in Kapitel 2.1.5 wird der Soll-Planungsablauf grob skizziert. Das Übersichtsmodell in Abbildung 4.10 konkretisiert die Soll-Planungsabläufe der „taktischen Logistikplanung vor SOP“, bevor diese im Kapitel 5 aus den verschiedenen ARIS-Sichten sehr detailliert beschrieben werden. Das Übersichtsmodell beinhaltet die unterschiedlichen am Planungsprozess beteiligten Rollen. Diese werden im Kapitel 5.4 im Rahmen der Organisationssicht noch detaillierter beschrieben.

4.5.1 Übersichtsmodell über den zweistufigen Soll-Planungsprozess

Grundsätzlich läuft der Soll-Planungsprozess in *zwei Stufen* ab. Es kann zwischen der *teileorientierten* und der *teileübergreifenden* Planung unterschieden werden (vgl. Abbildung 4.10).

In einer *ersten Planungsstufe* betrachten die Prozess-, Behälter- und Fertigungsplaner den gesamten Prozess der Behälterentwicklung, des Materialflusses bzw. des Fertigungsprozesses für jedes Bauteil (*teileorientierte Planung*). Dabei wird das analytische Kostenplanungsmodell genutzt, um die Logistikkosten zu ermitteln und die Planung zu optimieren.

Die Planung der Frachten, der Flächen, des Personaleinsatzes und der Bestände muss jedoch *teileübergreifend* vorgenommen werden. Frachtprognosen, Flächen- und Personalpläne und Bestände können in einer *zweiten Planungsstufe* nur mit Blick auf ein gesamtes Fahrzeugprojekt bzw. Werk ermittelt werden. Fahrzeugprojektweit und aufgabenspezifisch durchgeführte ABC-Analysen erlauben eine Identifikation der größten Kostenverursacher und eine effektive Konzentration der beschränkten Planungskapazitäten.

Diese beiden Planungsstufen des Soll-Planungsprozesses unterstützen die in der im Kapitel 3.3 beschriebenen Definition geforderten Bestandteile einer „taktischen Logistikplanung vor SOP“. Die teileorientierte Planung ermöglicht eine *teile-* und *prozessbasierte*

[92] vgl. Kapitel 4.1

Planung und ermittelt die *Logistikkosten* unter Nutzung des planungsbegleitend einzusetzenden „analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodells“. Die zweite Planungsstufe mit den teileübergreifenden Auswertungen betrachtet die *Strukturen und Prozesse integriert* und ermöglicht die *Identifikation von Ressourcenengpässen* (z.B. für Flächen, Personal oder Behälter).

Im Weiteren wird der Soll-Planungsablauf detailliert beschrieben:

Zunächst müssen einige Grundvoraussetzungen geschaffen werden, damit der Prozessplaner mit seiner Arbeit beginnen kann. Die *Transportraten* müssen in Form einer Bibliothek vorhanden sein, ebenso die *Flächen*. Hier wird beschrieben welche Flächen für die Planung zur Verfügung stehen. Des Weiteren werden die *Logistikprozesse und Handlingszeiten* in Form von Teiloperationen beschrieben und mit Zeitbausteinen bewertet. Auch die *Lagerreichweiten* müssen geplant werden.

Die Behälterplaner erstellen die zur Verfügung stehenden Behälter in Form einer Bibliothek und beginnen mit der Konzeptionierung und Entwicklung von *Spezialbehältern*. Parallel dazu wird der Materialfluss detailliert von der Montagelinie (line-back) bis zum Lieferanten ausgeplant. Die Informationen zur *Verbaureihenfolge* und zu den Bedarfsorten der Bauteile an der Montagelinie stellen eine wichtige Eingangsinformation dar.

Die Materialflussplanung umfasst die Analyse, Planung und Gestaltung der gesamten Logistikkette vom Lieferanten, über den Transport und die Lagerung bis zum Verbauort sowie den Rücktransport des Leerguts. Der Prozessplaner weist jedem Bauteil einen *Behälter* zu. In Abhängigkeit des Behälters und anderer Parameter muss ein geeignetes *Anlieferkonzept* definiert und die benötigten Ressourcen (Fördermittel, Lagerflächen, Betriebsmittel und Personal) zugeordnet werden.

Diese Informationen bilden wiederum für die Fertigungsplanung wichtige Eingangsdaten zur Erstellung des Materialbereitstellungslayouts. Des Weiteren sind die Planungsergebnisse des Prozessplaners für den Behälterplaner wiederum Eingangsdaten für die Planung. Erst wenn das Anlieferkonzept und der Behälterbedarf bekannt sind, können die Investitionen errechnet und die Lieferlospläne für die rechtzeitige Auslieferung der Behälter erstellt werden.

Eine wichtige Aufgabe des Logistikplaners ist hierbei immer wieder der Wirtschaftlichkeitsnachweis in Form einer *Prozesskostenrechnung*. Auf Basis dieser den Bauteilen und Prozessen zugeordneten Ressourcen lassen sich die Logistikkosten mit Hilfe des in Kapitel 4.4 entwickelten analytischen Kostenplanungsmodells ableiten.

Während des Planungsablaufes bestehen allerdings *Abhängigkeiten und Rückkopplungen* zwischen den Planungsaufgaben, wie dies auch in Abbildung 4.10 dargestellt wird.

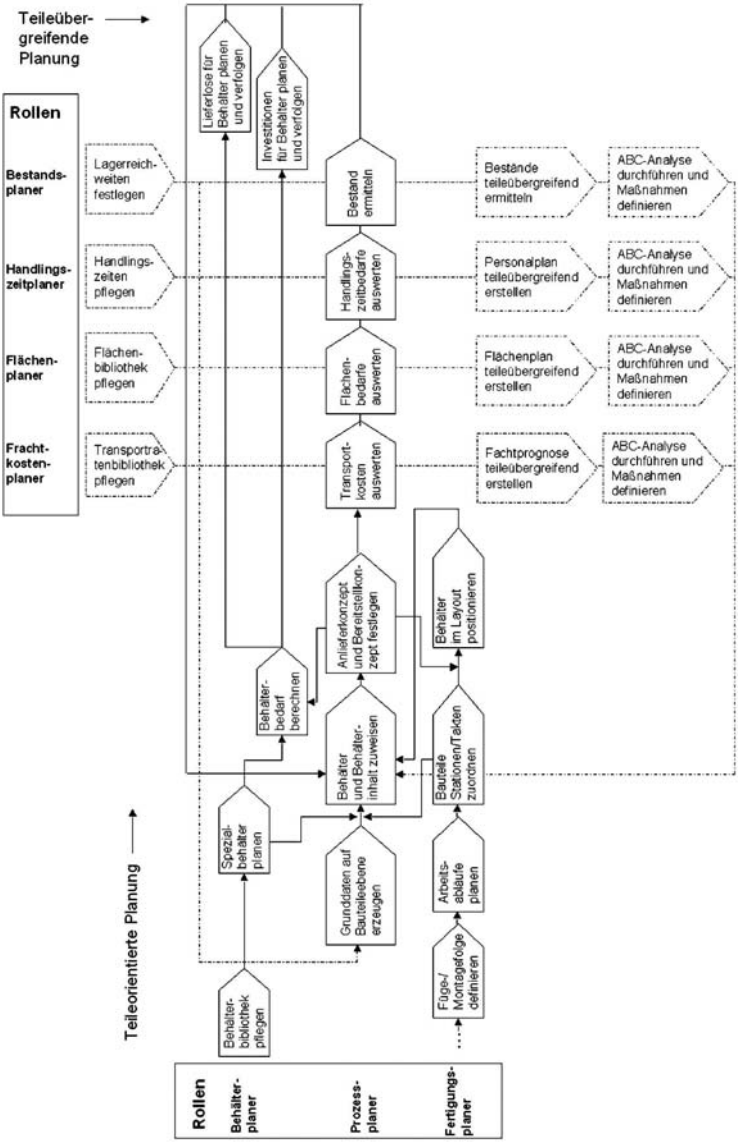

Abbildung 4.10: Übersicht über die Soll-Planungsabläufe in der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

Zum einen gibt es Abhängigkeiten zwischen der Prozess- und der Behälterplanung. Der Behälterbedarf hängt neben dem Behälterinhalt vom Anlieferkonzept ab (Entfernung des Lieferanten, Anlieferzyklus, Lagerreichweiten etc.). Der Behälterinhalt wiederum beeinflusst die Durchsatzraten und stellt somit einen wichtigen Stellhebel für die Prozessplaner dar.

Zum anderen ergibt sich auch zur Fertigungsplanung eine Rückkopplungsschleife. Können beispielsweise aufgrund eingeengter Platzverhältnisse an der Montagelinie nicht alle Behälter im Layout positioniert werden, muss der Prozessplaner eventuell einen kleineren Behälter wählen und/oder das Anlieferkonzept anpassen.

Ähnliche Rückkopplungsschleifen existieren auch für die Frachtkosten, die Flächenbedarfe, die Handlingszeitbedarfe und die Investitionen. Durch die Wahl der Behälter und der Anlieferkonzepte hat der Prozessplaner maßgeblichen Einfluss auf diese Kosten.

In einer zweiten Planungsstufe werden durch die teileübergreifende Auswertung und Betrachtung Ressourcenengpässe, z.B. für Flächen oder Personal erkennbar. Des Weiteren können mit Hilfe von ABC-Analysen die größten Kostenverursacher ermittelt und nochmals gezielt untersucht und optimiert werden. Diese Entscheidungsabläufe werden in Kapitel 4.5.2 eingehender beschrieben. Endergebnis der Planungsaufgabe ist ein durchführbares, kosteneffizientes Logistiksystem.

4.5.2 Nutzung des analytischen Kostenplanungsmodells im Rahmen des Soll-Planungsprozesses

Das vorgeschlagene Kalkulationsschema unterstützt bei[93]

- der Lösung logistischer Zielkonflikte,
- der systematischen Suche nach Schwachstellen und deren Ursachen,
- der Erschließung von Rationalisierungspotenzialen und bei
- der Erkennung und Priorisierung der Handlungsfelder (ABC-Analyse).

Aus den Strukturelementen von Prozessen, wie diese in Abbildung 4.4 dargestellt sind, lassen sich *Potenzialklassen* (vgl. Abbildung 4.11) ableiten, die Möglichkeiten zur Veränderung und Beeinflussung von Logistikprozessen aufzeigen. Diese dienen sozusagen als

[93] vgl. Schulte (1995), S. 366ff.

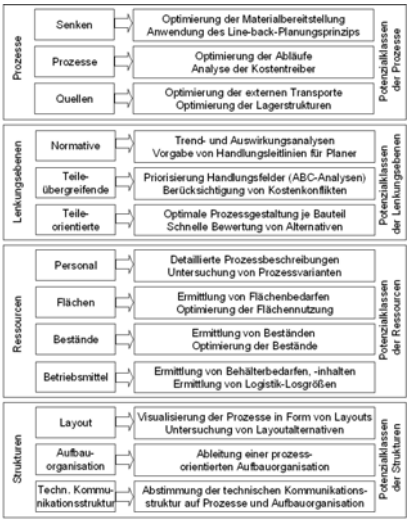

Abbildung 4.11: Potenzialklassen zeigen Möglichkeiten zur Beeinflussung von Prozessketten und damit Untersuchungsdimensionen der Logistikplanung (in Anlehnung an Bernemann (2002), S. 68)

„Checkliste“. Die Prozessketten lassen sich durch die vier Arbeitsfelder Prozesse, Lenkung, Struktur und Ressourcen beeinflussen. Jede Einflussnahme auf ein Prozesskettenelement kann entsprechend der Auswirkung hinterfragt werden.[94]

Die dargestellten Potenzialklassen stellen aber nur Vorschläge dar und dienen als Systematik, die für jedes Planungsumfeld individuell genutzt und gefüllt werden muss. Im Folgenden kann nur ein Überblick über die Vielzahl der Einsatzmöglichkeiten des Kalkulationsschemas und der Prozesskettenmodelle gegeben werden.

Analyse von Parameterveränderungen

Wie aus dem in Kapitel 4.4.4 erstellten Kalkulationsbeispiel ersichtlich ist, werden die Logistikkosten mit Hilfe der detaillierten Logistikprozessbeschreibungen auf Basis der Prozesskettenmodelle in Verbindung mit dem vorgestellten Kostenplanungsmodell für Transport, Lagerung, Bestände und das Handling auf analytischem Weg errechnet. Entscheidender Vorteil ist, dass die Kosten nicht von Vergangenheitswerten, sondern einer teileorientierten (Stückliste), leistungsbezogenen Logistikplanung für ein neu zu fertigen-

[94] vgl. Kuhn (1995), S. 49

des Fahrzeugmodell abgeleitet werden. Auf diese Weise wird das komplette Logistiksystem in einem *experimentierfähigen Modell* abgebildet. Die Auswirkungen der Veränderungen sämtlicher Parameter können getestet und prognostiziert werden.

- Welche Auswirkungen auf die Logistikkosten hat eine steigende Anzahl zu produzierende Fahrzeuge pro Tag?
- Um wie viel steigen die Kosten, wenn der Personalkostensatz steigt?
- Wie wirkt sich eine steigende Einbaurate eines bestimmten Bauteils aus?
- Welche Auswirkung hat ein größerer (kleinerer) Behälter auf die Prozesskosten?
- Wie viel Flächeneinsparung bringt eine Reduzierung der Lagerreichweite bei einem Bauteil?

Diese beispielhaften Fragen lassen sich sehr schnell durch die gezielte Veränderung der entsprechenden Eingangsparameter in Abbildung 4.7 und einer erneuten Ausführung des Kalkulationsschemas in Form eines Berichts beantworten. Die Interdependenz und die Kostenkonflikte werden berücksichtigt. Es wird erkannt, wenn Kostensenkungen in einem Teilsystem zu Kostensteigerungen in anderen Teilsystemen führen. Die Logistikkosten für ein Logistiksystem werden gesamtheitlich und integriert betrachtet.

Die in Kapitel 4.4.2 ausgeführten Fragestellungen auf den verschiedenen Lenkungsebenen in der Phase der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ lassen sich mit Hilfe einer softwaregestützten Durchführung des vorgestellten Kalkulationsschemas beantworten.

Analysen auf einer teileorientierten Lenkungsebene

Auf der teileorientierten Lenkungsebene wird folgende Vorgehensweise zum Einsatz des Kalkulationsschemas vorgeschlagen:

Üblicherweise startet der Planungsprozess mit der Übernahme des Planungsstandes eines Vorgänger- oder Referenzfahrzeugs. In einem ersten Planungsdurchlauf überprüft der Planer die bestehenden Planungen unter Berücksichtiung der bereits bekannten Veränderungen in dem neuen Fahrzeugprojekt. Er prüft, ob es grundlegende Änderungen in den Fahrzeugstückzahlen, den Lagerlayouts und logistischen Abläufen, der Montagereihenfolge, der Teilevarianz und den Teilegeometrien geben wird. Auf Basis dieser Informationen nimmt er erste Veränderungen und Anpassungen der Verpackungs- und Anlieferkonzepte an dem Planungsstand vor. Hierbei orientiert er sich an den Vorgaben und Handlungsleitlinien aus dem groben Logistikkonzept, wie diese in Kapitel 5.6.1 beschrieben sind. Auf

der Teileebene ermöglicht das Planungswerkzeug einen schnellen Vergleich der Kosten zwischen unterschiedlichen Verpackungs- und/oder Anlieferkonzepten.

Auch bei funktionsbereichsübergreifenden Anforderungen für eine optimale Bereitstellungssituation an der Montagelinie ist eine schnelle Bewertung möglich. Soll ein Teil in einem kleineren Behälter angeliefert werden, um die Laufwege für die Fertigungsmitarbeiter zu verkürzen, können die höheren Logistikkosten ausgewiesen werden. Diese Differenz muss durch die eingesparte Handlingszeit an der Montagelinie mindestens kompensiert werden.

Analysen auf einer teileübergreifenden Lenkungsebene

Durch die ausschließliche Betrachtung auf der Teileebene würden aber nur lokale Optima geschaffen. Die Logistikkosten müssen gesamtheitlich und fahrzeug- bzw. sogar werksweit optimiert werden. Auf einer *teileübergreifenden Lenkungsebene* werden nach einem ersten Planungsdurchlauf gezielt die wichtigsten Teileumfänge identifiziert und optimiert:

- Die Transportvolumina können auf die Teilelieferanten konsolidiert werden, wenn Lieferanten mehrere Teile liefern. Somit können große Transportvolumenströme identifiziert und gezielt optimiert werden. Beispielsweise können für diese Relationen Rundlauf-LKWs eingerichtet und gesonderte Frachtkonditionen verhandelt werden.

- Ebenfalls können Teile mit einem hohen Durchsatz ermittelt und über einen separaten Prozess abgewickelt werden. Diese Teile werden direkt durch einen LKW an der Montagelinie angeliefert und nur kurz zwischengepuffert.

- Es können Teile mit hoher Varianz herausgefiltert werden. Für diese empfiehlt sich eine Anlieferung in einem Just-in-Time-Prozess oder als Sequenzierung, um möglichst viel Bereitstellungsfläche an der Montagelinie zu sparen.

- Auf Basis von ABC-Analysen werden die Teile mit den größten Flächenbedarfen ermittelt und nach einer Ursachenanalyse entsprechende Gegenmaßnahmen eingeleitet. Hier kann beispielsweise versucht werden, die Bestände zu senken, indem der Lieferant näher ans Werk verlegt wird oder ein Lieferantenlager aufgebaut wird. Weitere Maßnahmen könnten sein, die Fertigungstiefe zu verändern und die Teile getrennt anzuliefern und damit günstigere Behälterfüllgrade zu erreichen.

- Wenn die montagenahen Lagerflächen nicht ausreichen, können beispielsweise die Teile mit geringen Durchsatzraten ermittelt und in weiter entfernte Hallen umgelagert werden.

Analysen auf einer normativen Lenkungsebene

Durch entsprechende Analysen und Berichte auf der zur Verfügung stehenden teilebasierten Planungsdatenbasis können Trends und Entwicklungen frühzeitig erkannt und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen ergriffen werden. Dies kann bedeuten, dass den Planern entsprechende Rahmenbedingungen für ihre Planungen vorgegeben werden, damit die gefährdeten Ziele eingehalten werden können oder aber dass beispielsweise rechtzeitig mit der Suche nach Alternativszenarien oder nach Ausweich- und Mietflächen begonnen werden kann.

4.6 Zusammenfassende Beschreibung der Geschäftsprozessanalyse

In diesem Kapitel werden auf der strategischen Ebene des Geschäftsmodells die Rahmenbedingungen beschrieben, wie die Logistik den aktuellen Herausforderungen begegnen und den Planungsprozess rationalisieren kann.

Dieser daten- und rechenintensive Planungsprozess kann nur mit einer geeigneten informationstechnischen Unterstützung umgesetzt werden (vgl. Kapitel 4.2). Analog der Planung der Montage- und Arbeitsfolgen in der Fertigung mit CAP-Systemen (Computer Aided Planning) wird auch in der Logistik die rechnergestützte Planung der logistischen Prozesse und Betriebsmittel auf Basis der CAD-Modelle der Bauteile und der Stückliste bereits in frühen Phasen des Produktentstehungsprozesses ermöglicht.

Die Methoden und Werkzeuge der Digitalen Fabrik erlauben die gleichzeitige Entwicklung und Planung des Produkts, der Fabrik, der Fertigungsprozesse und der Logistikprozesse (vgl. Kapitel 4.2.2). Die Digitale Fabrik stellt durch die durchgängige Integration der Planungswerkzeuge und die datentechnische Vernetzung der Planer das zentrale Bindeglied zwischen den Planungsprozessen dar.

Die logistischen Abläufe werden mit Prozesskettenmodellen abgebildet. Diese ermöglichen eine Konfiguration des Logistiksystems, eine Visualisierung, Dokumentation und Analyse (vgl. Kapitel 4.3). Es werden *Referenzprozesse* definiert, welche die Bauteile

durchlaufen können. Diese werden aus Operationen zusammengesetzt und mit zur Prozessdurchführung notwendigen Ressourcen parametrisiert, wie dies in Abbildung 4.12 dargestellt ist. Die zeitliche Dauer der einzelnen Aktivitäten wird mit Hilfe synthetischer Verfahren, z.B. durch Zeitbausteine, modelliert und geplant. Somit verfügt auch die Logistik als indirekter Bereich über detaillierte, kostenträgerindividuelle Beschreibungen der Prozesse (vgl. Kapitel 4.4.3), wie dies für den Bereich der Fertigung die Stücklisten und die Arbeitspläne darstellen.

Zur Unterstützung der Entscheidungsbedarfe der Logistikplanung vor SOP ist ein geeignetes Kostenplanungsmodell notwendig, das von den Planern begleitend zum Planungsprozess eingesetzt werden kann. Da es sich um eine zukunftsbezogene Planung handelt, sollten die Kosten nicht aus Vergangenheitswerten abgeleitet oder geschätzt werden, sondern mit analytischen Planungsverfahren auf Basis technischer Studien und methodischer Vorgehensweisen ermittelt werden. Aufgrund des zu erfüllenden Rechnungszwecks zur Entscheidungsunterstützung und des Einsatzbereichs in einem indirekten, prozessorientierten Bereich wie der Logistik werden die analytischen Planungsverfahren mit der Prozesskostenrechnung kombiniert (vgl. Kapitel 4.4.2).

Die Auswahl der Kostenkategorien in Abbildung 4.12 orientiert sich an den Kostentreibern der Logistik. Des Weiteren werden in dieser Abbildung die Kostenkonflikte innerhalb eines Logistiksystems visualisiert, die in dem Kalkulationsmodell ebenfalls Berücksichtigung finden.

Die Kosten werden nach dem Beanspruchungsprinzip den jeweiligen Kostenträgern, den „zu produzierenden Fahrzeugen“, zugerechnet. Für die Kostenkategorien lassen sich direkte Beziehungen zum Produkt herstellen. Eine „Leistungsinanspruchnahme“ wird durch die Kostentreiber abgebildet (vgl. Kapitel 4.4.2). Die Nutzung von knappen Ressourcen lässt sich über Opportunitätskosten steuern.

Die prozessorientierte Kalkulation weist aus, was die einmalige Durchführung eines Prozesses kostet und welche Produkte welche Prozesse wie oft beanspruchen. In Abbildung 4.7 wird das analytische Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell zur Ermittlung der wichtigsten Logistikkosten dargestellt. Somit existiert ein handhabbares, planungsbegleitend einsetzbares „Schnellkalkulationsverfahren“ für die Logistikplanung vor SOP.

Das gesamte Logistiksystem wird in einem experimentierfähigen Modell abgebildet. Durch die gezielte Veränderung von Parametern in dem analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodell lassen sich Bewertungen durchführen, Wirkungsprognosen erstellen und Wenn-Dann-Szenarios durchspielen. Die in Abbildung 4.11 aufgeführten, aus dem Prozesskettenmodell abgeleiteten Potenzialklassen, systematisieren die Analyse und dienen als Handlungsleitlinie.

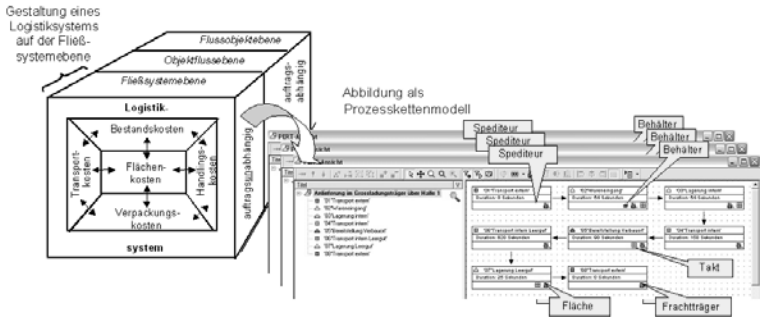

Abbildung 4.12: Abbildung der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ (vgl. Schneider/Otto (2006), S. 67)

Die Bewertung eines Logistiksystems kann auf allen drei Ebenen des Fließsystems vorgenommen werden (vgl. Abbildung 4.12). Bereits auf der langfristigen, strategischen, noch auftragsunabhängigen Ebene des Fließsystems sind wesentlich detailliertere Planungen möglich.

Im Kapitel 4.5 wird schließlich ein Soll-Planungsablauf vorgeschlagen, der die zu einer Planung eines Logistiksystems notwendigen Planungsschritte enthält und in eine zeitliche Reihenfolge bringt. Die benötigten Planungsinformationen werden aus verschiedenen Datenquellen bereitgestellt bzw. im Rahmen dieses rollen- und funktionsbereichsübergreifenden Planungsprozesses erarbeitet und nachgelagerten Planungsschritten zur Verfügung gestellt. Ein zweistufiger Planungsprozess erlaubt eine teile- und prozessbasierte Planung zur Ermittlung der Logistikkosten und eine Erkennung von eventuell auftretenden Engpässen. Zur Optimierung des Planungsergebnisses bestehen Rückkopplungsschleifen. Teile des Planungsprozesses werden mehrfach durchlaufen. Diese auf der Ebene des Geschäftsmodells beschriebenen Rahmenbedingungen müssen im Folgenden in Form von Soll-Geschäftsprozessen detailliert werden.

Für die softwareunterstützte Planung logistischer Prozesse und Strukturen wird im Umfeld der Digitalen Fabrik häufig auch der Begriff der *„Virtuellen Logistik“* verwendet. Als „virtuell“ wird allgemein die Eigenschaft eines Objekts bezeichnet, physisch nicht vorhanden zu sein. Die „Virtuelle Logistik“ will ein komplettes Logistiksystem in Form von digitalen Modellen abbilden, ohne dass dieses (bereits) physisch existieren muss.[95]

Durch die Simulation der „virtuell“ abgebildeten Objektflüsse und der diese durchlaufenden Flussobjekte kann das Fließsystem auf Machbarkeit und eventuelle Fehler getestet

[95] vgl. Schneider (2007a), S. 78

werden. Simulation stellt ein erweitertes Werkzeug dar, um mit Hilfe einer dynamischen Betrachtung die statischen Planungsergebnisse abzusichern und Parameter zu ermitteln.

5 Das Geschäftsprozessreferenzmodell auf der Ebene der Geschäftsprozesse

In diesem Kapitel wird das auf dem in Kapitel 4 entwickelten Geschäftsmodell basierende Fachkonzept für ein softwaregestütztes Planungssystem beschrieben. Ein idealer Soll-Planungsprozess für die Phase der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ wird dargestellt. Zur Reduzierung der Komplexität wird der Anwendungsbereich aus verschiedenen Sichten betrachtet.

5.1 Methodische Grundlagen zur Beschreibung der Geschäftsprozesse auf der Ebene eines Fachkonzepts

Die Geschäftsprozesse stellen das Bindeglied zwischen dem Geschäftsprozessmodell und der Softwareentwicklung dar. Das Geschäftsmodell wird in (Soll-)Geschäftsprozesse übertragen, die darstellen, wie die Abläufe eines Unternehmens organisiert werden müssen, um das Geschäftsmodell optimal umzusetzen. *„Sie definieren die fachlichen Anforderungen zur Entwicklung von Anwendungen nach den strategischen Vorgaben des Geschäftsmodells in einer prozessorientierten Form.“*[1]

Die Strukturierung in Beschreibungssichten bietet eine Möglichkeit zur Reduzierung der Komplexität.[2] Somit können die Tatbestände innerhalb einer Sicht analysiert werden, ohne dass die Zusammenhänge mit anderen Sichten sofort berücksichtigt werden müssen.[3] ARIS ist als Ansatz an das betriebswirtschaftliche Fachverständnis angelehnt, ist aber exakt genug, um als Ausgangsbasis für eine informationstechnische Umsetzung zu dienen.[4]

[1] Schienmann (2002), S. 309
[2] vgl. Scheer (2001), S. 2
[3] vgl. Scheer (1998a), S. 32-33
[4] vgl. Scheer (1998a), S. 2

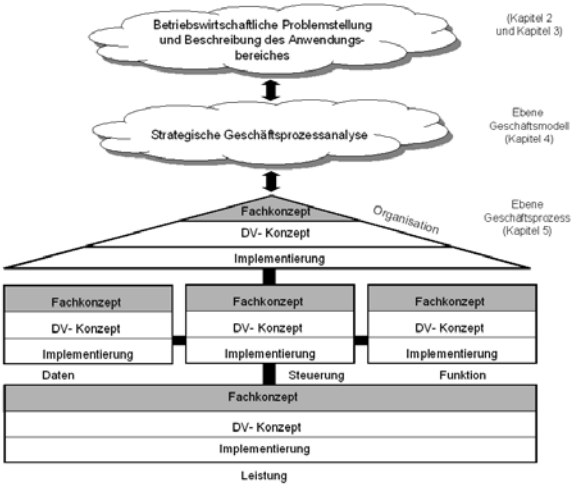

Abbildung 5.1: Das Geschäftsprozessreferenzmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ auf der Ebene der Geschäftsprozesse

- Die *Steuerungs- oder Prozesssicht* fasst die strukturellen Beziehungen zwischen den Sichten zusammen und erfasst zusätzlich die dynamischen Verhaltensaspekte des Geschäftsprozessflusses. [5]

- Die *Funktionssicht* beinhaltet die Darstellung der Aufgaben und Tätigkeiten des Anwendungsbereichs und ihres Zusammenhangs.[6]

- Die *Organisationssicht* umfasst die Beschreibung der Aufbauorganisation und des Rollenkonzepts.[7]

- Die *Datensicht* enthält die Datenobjekte, die von den Funktionen bearbeitet und manipuliert werden.[8]

- Die *Leistungssicht* bildet alle Leistungen eines Fachbereichs ab. Scheer setzt den Begriff Leistung mit dem Begriff Produkt gleich. Unter einem Produkt wird eine Leistung oder eine Gruppe von Leistungen verstanden, die von einer Stelle außerhalb des jeweils betrachteten Fachbereichs benötigt wird.[9]

[5] vgl. Scheer (1998a), S. 33-37
[6] vgl. Scheer (2001), S. 21-26
[7] vgl. Scheer (2001), S. 52
[8] vgl. Scheer (2001), S. 67
[9] vgl. Scheer (2001), S. 93-94

5.2 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Steuerungssicht

Aufgabe der *Steuerungssicht* ist, die im Rahmen des ARIS-Konzepts zur Reduktion der Komplexität getrennt betrachteten Sichten zu verbinden. Es werden strukturelle Beziehungen und Zustandsänderungen beschrieben.[10]

5.2.1 Methodische Grundlagen zu „ereignisgesteuerten Prozessketten“

Die relevanten Geschäftsprozesse der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ werden mit Hilfe ereignisgesteuerter Prozessketten (EPK) modelliert. Hier wird auf sogenannte *objektorientierte EPK's* (oEPK) zurückgegriffen. Es wird vorausgesetzt, dass die Informationsobjekte als objektorientierte Klassen definiert werden können.[11] Als Objektklassen werden die in der *Datensicht* (vgl. Kapitel 5.5) beschriebenen Entities genutzt. Auf diesen Informationsobjekten wird in dem Planungswerkzeug letztlich gearbeitet.

Somit werden diesen die in Kapitel 5.3 beschriebenen *Funktionen* zugeordnet. Eine Funktion wird durch ein Ereignis oder eine Nachricht ausgelöst. Eine Funktion kann wiederum selbst Ereignisse erzeugen. Logische Verknüpfungen werden durch die Konnektoren UND (AND), Inklusiv-ODER (OR) und Exklusiv-ODER (XOR) dargestellt.[12]

Des Weiteren wird angegeben, welche *Rolle* (vgl. Kapitel 5.4) die jeweilige Funktion ausführt. Für manche der dargestellten Funktionen sind mehrere *Rollen* zuständig. Dies ist teilweise aus Darstellungsgründen der Fall. In manchen Fällen wurde aber bewusst davon abgesehen, die Zuständigkeit genau einer Rolle zuzuweisen, da das Ziel nur durch gemeinsame Arbeit erreicht werden kann. Dies wird aber jeweils im Text erklärt.

Auch die *Leistungssicht* (vgl. Kapitel 5.6) findet sich in den oEPK's wieder. Von der Logistikplanungsabteilung für Dritte erbrachte Leistungen werden Ereignisse mit doppelter Umrandung abgebildet. Alle im Folgenden verwendeten Symbole finden sich in der Legende in Abbildung 5.2. Es wird auch beschrieben, wenn die Ereignisse weitere Prozesse voraussetzen oder in anderen Abbildungen dargestellte Prozesse auslösen.

[10] vgl. Scheer (2001), S. 102
[11] vgl. Scheer (2001), S. 135-140
[12] vgl. Scheer (2001), S. 125

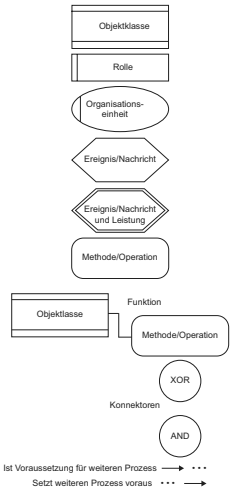

Abbildung 5.2: Legende

5.2.2 Gesamtmodell der „softwaregestützten taktischen Logistikplanung vor SOP“

Abbildung 5.3 stellt als Überblick das gesamte Modell der softwaregestützten Logistikplanung dar. Dies wird in den folgenden Kapiteln in mehrere Teilplanungsprozesse zerlegt detailliert vorgestellt.

5.2.3 Prozess der Abbildung von Logistikketten

Bevor der teilebezogene Planungsprozess beginnen kann, müssen die Bibliotheken aufgebaut und befüllt sein. Der Aufbau der Bibliotheken wird hier nicht weiter betrachtet, da die Befüllung der Bibliotheken je nach Situation und Datenverfügbarkeit sehr unterschiedlich erfolgen kann. Beispielsweise können die Flächendaten und die notwendigen technischen Daten zu Flurförderzeugen meist aus operativen Systemen übernommen werden.

Nun werden alle in einem Planungsprojekt möglichen Logistikprozesse angelegt und die notwendigen Prozessschritte in Form von Operationen abgebildet. Im nächsten Schritt werden den Operationen die notwendigen Ressourcen wie Flächen, Flurförderzeuge etc. zugewiesen und die jeweiligen Aktivitäten auf den Operationen werden mit Zeitbausteinen abgebildet.

Wie die praktischen Erfahrungen zeigen, stellt dies einen sehr zeitintensiven und aufwändigen Teil der Planungsvorbereitungen dar. Da die Abbildung der Logistikprozesse sehr

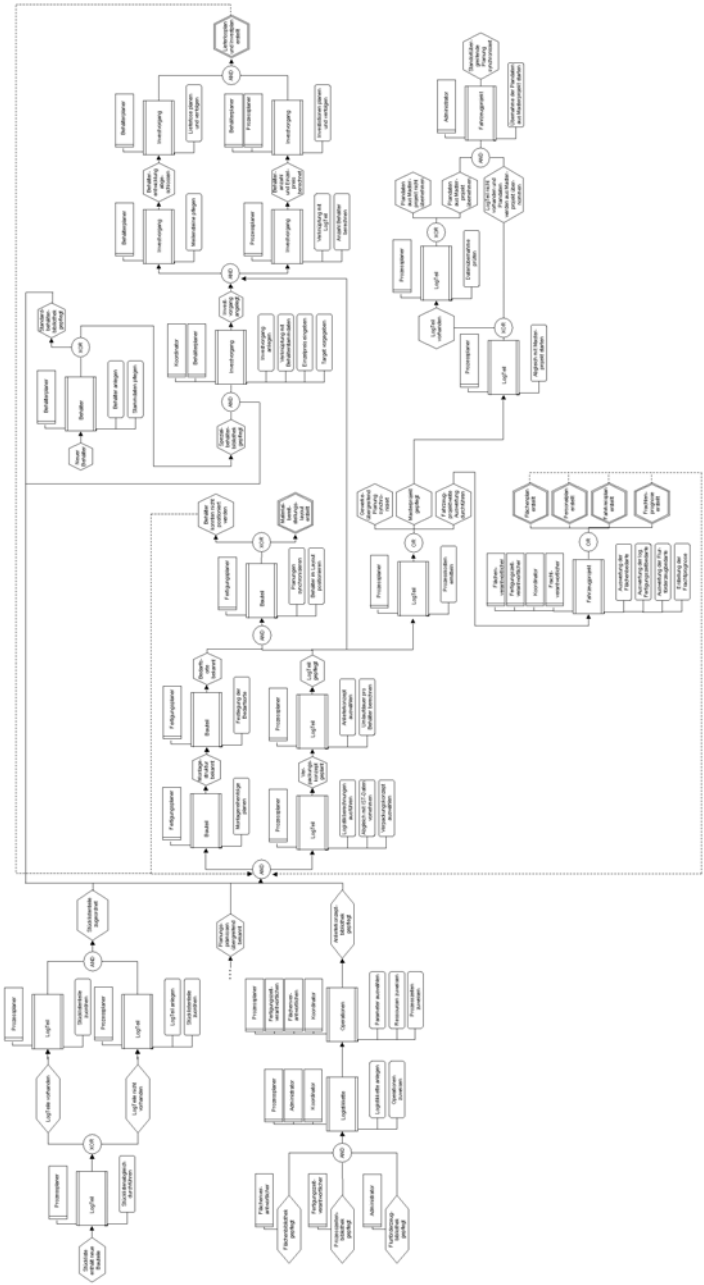

Abbildung 5.3: EPK Gesamtmodell der „softwaregestützten taktischen Logistikplanung vor SOP“

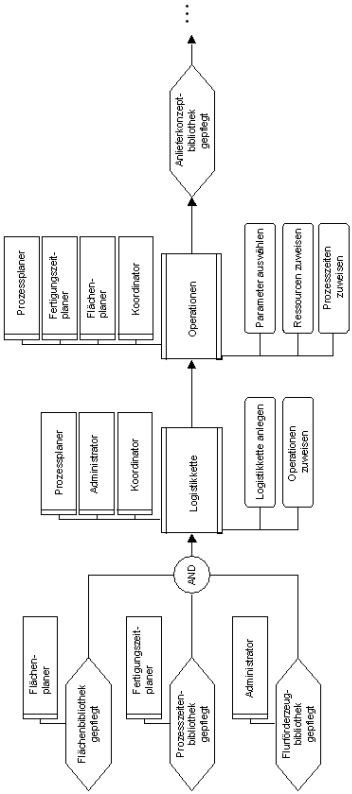

Abbildung 5.4: EPK Abbildung von Logistikketten

viel Know-how und Erfahrung voraussetzt, empfiehlt es sich, dies in Form mehrtägiger Workshops mit den jeweiligen Spezialisten (Rollen) vorzunehmen. Ein Vorteil ist, dass zu Beginn eines Planungsprojekts damit alle Beteiligten rollenübergreifend Verständnis für die aktuellen und die zukünftigen Logistikprozesse aufbauen. Am Ende des Prozesses in Abbildung 5.4 steht für die Planer eine gepflegte Bibliothek mit parametrisierten Logistikketten zur Verfügung.

5.2.4 Prozess der Produktdatenversorgung

Den ersten Schritt der Planung stellt die Versorgung des Prozessplaners mit Produktdaten in Form der Stückliste dar. Dies muss regelmäßig durchgeführt werden, da im Planungs-

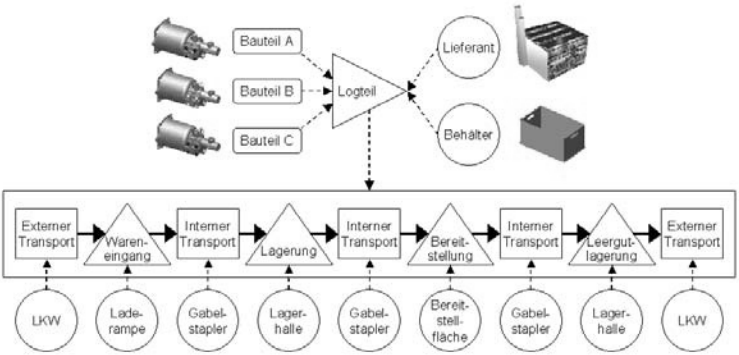

Abbildung 5.5: LogTeil-Konzept zur Verringerung des Planungsaufwands

prozess in der Stückliste laufend Änderungen vorgenommen werden oder neue Teile hinzukommen. Durch den Vergleich mit der Stückliste wird ermittelt, ob bereits passende *LogTeile* vorhanden sind.

Zu einem LogTeil werden *alle logistisch gleich behandelten Bauteile zusammengefasst*. Nur dieses LogTeil wird vom Planer stellvertretend für mehrere Bauteile bearbeitet. Dem LogTeil wird ein Behälter, ein Behälterinhalt und ein Logistikprozess zugeordnet (siehe Abbildung 5.5). Aus logistischer Sicht spielt es beipielsweise keine Rolle, welche Farbe ein Außenspiegel hat oder ob dieser beheizbar ist oder nicht. Alle Außenspiegel werden im gleichen Behälter verpackt, in der gleichen Halle gelagert und über den gleichen Prozess an der Montagelinie angeliefert.

Ein LogTeil erfüllt in dem Planungswerkzeug somit zwei Zwecke:

- Ein LogTeil ermöglicht es, in frühen Planungsphasen bereits logistische Abläufe zu planen, ohne dass alle Bauteile bereits in der Stückliste vorhanden sein müssen.
- Erfahrungsgemäß lässt sich über dieses LogTeil-Konzept während der frühen Phasen der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ die Anzahl der vom Planer zu bearbeitenden Planungsobjekte um ca. 80 Prozent reduzieren. Mit zunehmender Planungsgenauigkeit steigt die Anzahl der notwendigen LogTeile.

Der Planer entscheidet über den notwendigen Detaillierungsgrad der Abbildung in Abhängigkeit von der Planungsphase und der Wichtigkeit des Umfangs (ABC-Teile-Ansatz). In sehr frühen Planungsphasen kann ein komplettes Fahrzeug zu wenigen hundert hoch aggregierten LogTeilen , wie Frontend, Abgasanlage, Hinterachse etc. zusammengefasst

werden. Eigentlich bestehen diese Bauteile noch aus einer ganzen Reihe von Unterbaugruppen. In frühen Planungsphasen kann die Zusammenfassung von Baugruppen aber zur Reduzierung der Komplexität und des Planungsumfangs beitragen. Während der Serienplanung kann im Extremfall für jedes Bauteil ein separates LogTeil angelegt werden, um eine sehr detaillierte, möglichst realitätsnahe Abbildung zu ermöglichen. Separate LogTeile sind für Bauteile anzulegen, wenn diese nicht logistisch gleich behandelt werden, also beispielsweise die Bauteile in einem unterschiedlichen Behälter verpackt werden, von unterschiedlichen Lieferanten bezogen werden oder ein unterschiedliches Anlieferkonzept genutzt wird. Dies ist etwa der Fall, wenn häufig verbaute Varianten eines Teileumfangs an der Montagelinie bereitgestellt und selten verbaute Varianten sequenziert angeliefert werden.

Sind bereits passende LogTeile vorhanden, werden die Bauteile dem entsprechenden LogTeil zugeordnet. Dies passiert weitgehend automatisch. Der Planer muss nur in Sonderfällen eingreifen oder wenn noch kein LogTeil vorhanden ist. Dann legt der Planer die entsprechenden LogTeile an (vgl. Abbildung 5.6). Somit sind alle Stücklistenteile einem LogTeil zugeordnet und können beplant werden.

5.2.5 Prozess der teilebezogenen Planung

Die Ausführung der teilebezogenen Planung durch den Prozessplaner setzt die zumindest einmalige Ausführung der bisher beschriebenen Prozesse (mit Ausnahme der Investitions- und Lieferlosplanung) voraus. Es müssen vom Koordinator die übergreifend gültigen Planungsprämissen am Werk (Jahresarbeitstage etc.) und am Fahrzeugprojekt (Fahrzeugstückzahlen, SOP etc.) angegeben sein (vgl. Abbildung 5.7). Weiterhin müssen die Stücklistenteile Bauteilen zugeordnet sein, die Behälterplaner müssen die Standard- und die Spezialbehälterbibliothek befüllt haben und die zur Verfügung stehenden Logistikketten müssen in einer Bibliothek abgelegt sein.

Dann wertet der Prozessplaner zunächst die Stücklistendaten mit Hilfe der Logistikberechnungen aus und erhält somit wichtige Planungsgrundlagen wie „Einbauraten“, „Anzahl Varianten“ etc. Er kann über Schnittstellen einen Vergleich mit Ist-Daten vornehmen. Auf Basis dieser Daten und der Entscheidungsregeln, die durch das grobe Logistikkonzept gegeben sind, wählt der Planer einen Behälter aus und legt das *Verpackungskonzept* fest, wie dies auch in der Leistungssicht gefordert wird. Ist die Verpackung bekannt, kann, wiederum unter Berücksichtigung der globalen Vorgaben, ein *Anlieferkonzept* gewählt werden. Nun lassen sich die Umlaufdauer der Behälter zum Lieferanten und die Prozesskosten für das jeweilige Bauteil mit Hilfe des Planungswerkzeugs auswerten. Es können

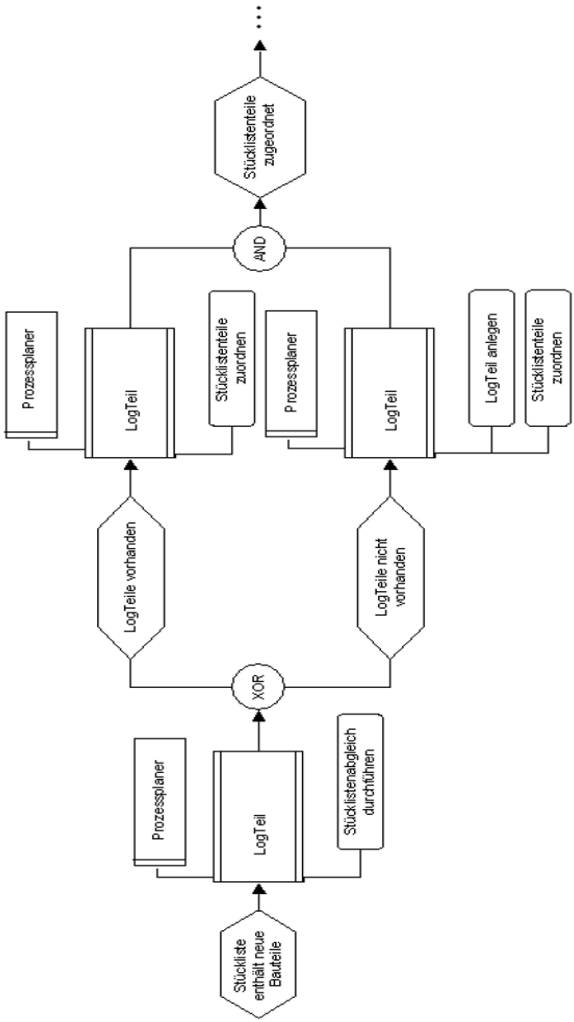

Abbildung 5.6: EPK Produktdatenversorgung

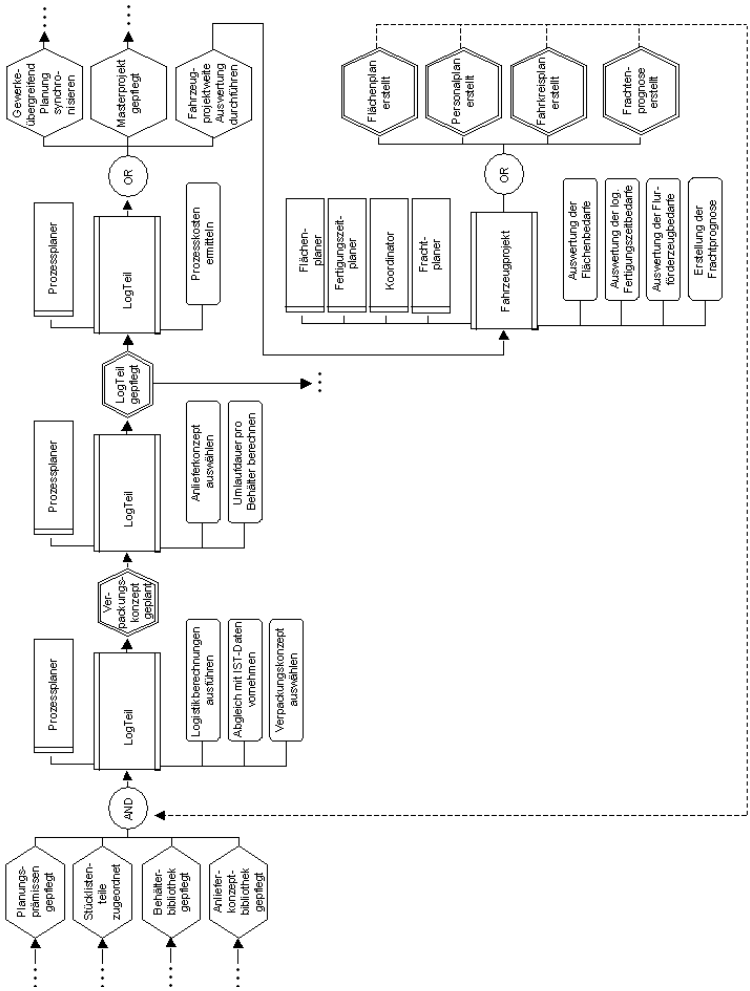

Abbildung 5.7: EPK Teilebezogene Planung

sehr schnell verschiedene Alternativen abgebildet und bewertet werden. Eine erste statische Optimierung wird unterstützt.

Das somit erstellte Planungsergebnis auf der Teileebene bildet eine wichtige Grundlage für weitere Prozesse der funktionsbereichs- und standortübergreifenden Planung und der fahrzeugweiten Auswertung der Prozesskosten.

Die übergreifend verantwortlichen Rollen führen auf dieser Basis die Auswertungen zu Flächen-, Handlingszeit- und Flurförderzeugbedarfen und dem verursachten Transportvolumen durch. Somit wird ihnen die Grundlage zur Erstellung der in der Leistungssicht geforderten *Flächen-* und *Personalpläne*, der *Fahrkreisplanung* und der *Frachtprognose* an die Hand gegeben.

5.2.6 Prozess der Behälter- und Investitionsplanung

Eine weitere Voraussetzung für die teilebezogene Planung stellt eine aktuelle Behälterbibliothek dar. Auch hier kann meist ein Großteil der benötigten Daten aus operativen Systemen übernommen werden. Kommen aber im Rahmen der Planung eines Fahrzeugmodells neue Behälter hinzu (meist Spezialbehälter für dieses Fahrzeugmodell), dann müssen die Behälterplaner diese anlegen und die technischen Stammdaten eingeben. Handelt es sich um Spezialbehälter, müssen diese auch durch das Fahrzeugprojekt finanziert werden (vgl. Kapitel 4.4.3).

Daher legt der Behälterplaner, wie in Abbildung 5.8 dargestellt, einen „Investvorgang“ an, verknüpft diesen mit dem zu beschaffenden Behälter in der Behälterbibliothek und trägt einen Behältereinzelpreis ein, da er für die Entwicklung des Behälters verantwortlich ist. Der Aufbau der „Investvorgänge“ geschieht in enger Zusammenarbeit mit dem Fahrzeugprojektkoordinator, da dieser für die Fahrzeuginvestitionen verantwortlich ist und daher auch die Zielkosten für jede Behälterbeschaffung vorgibt. Der Investvorgang dient dem Behälterplaner im Weiteren dazu, die Entwicklung jedes Spezialbehälters anhand von Meilensteinen zu verfolgen und schließlich die Anlieferung der Behälter im Rahmen der Lieferlosplanung mit der Anlaufkurve des Fahrzeugs zu synchronisieren. Der in der Leistungssicht beschriebene *Lieferlosplan* wird erstellt (vgl. Kapitel 5.6).

Der Prozessplaner hat die Aufgabe, die Anzahl der zu beschaffenden Behälter zu ermitteln. Dies setzt eine durchgeführte Materialflussplanung voraus („LogTeil ist gepflegt“). Um die Daten aus der Materialflussplanung zu übernehmen, stellt er eine Verknüpfung zwischen dem Investvorgang und dem LogTeil, für das der Behälter bestimmt ist, her.

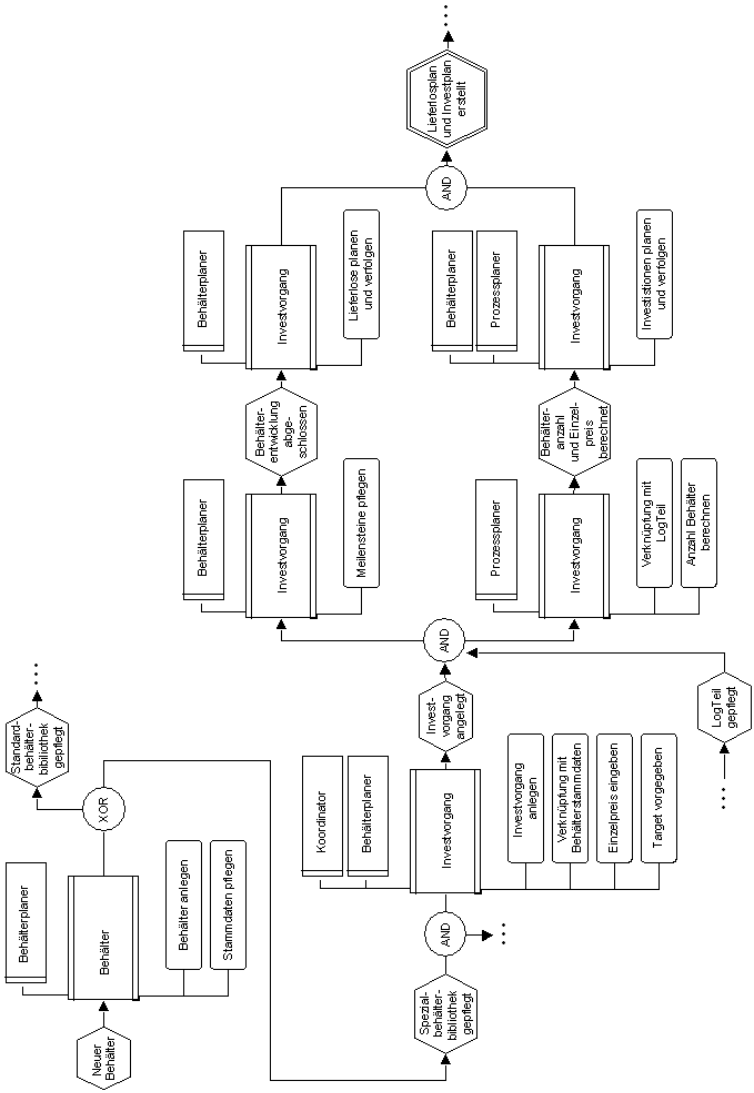

Abbildung 5.8: EPK Behälter- und Investitionsplanung

Somit können die Investitionen geplant (*Investitionsplan* der Leistungssicht) und im Planungsprozess auftretende, die Investitionen beeinflussende Änderungen verfolgt werden. Für die Investitionen sind der Behälterplaner und der Prozessplaner gemeinsam in enger Zusammenarbeit verantwortlich. Der Behälterplaner kann die Einzelpreise der Behälter und die Entwicklungskosten beeinflussen und der Prozessplaner kann durch entsprechende Planung des Anlieferkonzepts die notwendige Anzahl der Behälter reduzieren.

5.2.7 Prozess der funktionsbereichsübergreifenden Planung

Eine funktionsbereichsübergreifende Synchronisation (vgl. Abbildung 5.9) der Planungen setzt voraus, dass auch die Bibliotheken zwischen beiden Funktionsbereichen bzw. deren Planungswerkzeugen synchronisiert sind und dass beide Planer von den gleichen Planungsprämissen ausgehen.

Während der Logistikplaner das Verpackungs- und das Anlieferkonzept festlegt, bestimmt der Fertigungsplaner die Montagestruktur, legt die Verbaureihenfolge und den Takt fest. Seine Aufgabe ist auch in Abstimmung mit der Logistik, den Bedarfsort, also den optimalen Anlieferungsort der Teile, festzulegen. Hierzu ist die Kenntnis des Behälters, der Behältermaße, des Bereitstellungsprinzips und des Anlieferkonzepts notwendig. Nach der Übernahme dieser Plandaten von der Logistik positioniert der Fertigungsplaner die Behälter im 3D-Layout am Bedarfsort. Diese Information steht auch der Logistik zur Verfügung. Beide Funktionsbereiche müssen in einem Layout arbeiten können. Können die Behälter nicht positioniert werden, da beispielsweise zu viele Behälter für einen Bereich an der Montagelinie vorhanden sind, muss der Planungsprozess nochmals durchlaufen werden. Der Fertigungsplaner könnte die Montagereihenfolge ändern und somit einen anderen Bedarfsort definieren oder der Logistikplaner könnte einen kleineren Behälter auswählen, um die Bereitstellung zu ermöglichen. Weiterhin könnte der Prozessplaner auch ein anderes Anlieferkonzept wählen und die Behälter sequenziert anliefern. Da hierdurch auf beiden Seiten Kosten, Laufwege, Handlingszeiten etc. beeinflusst werden, bedarf es zur Findung einer optimalen Lösung einer intensiven funktionsbereichsübergreifenden Kommunikation, die durch das Planungswerkzeug, beispielsweise auf Basis eines gemeinsamen Layouts, unterstützt werden soll.

Sind letztlich alle Behälter an der Montagelinie positioniert, ist das in der Leistungssicht beschriebene *Materialbereitstellungslayout* fertiggestellt.

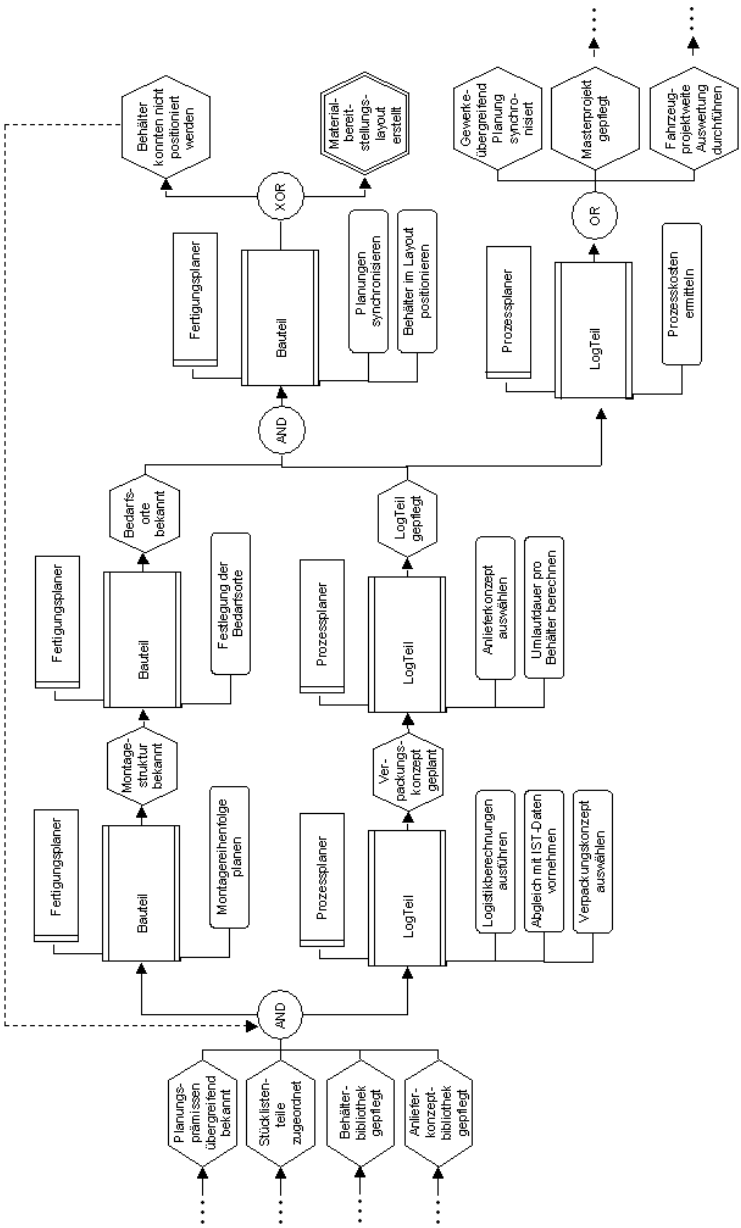

Abbildung 5.9: EPK funktionsbereichsübergreifende Planung

5.2.8 Prozess der standortübergreifenden Planung

Eine standortübergreifende Planung (vgl. Abbildung 5.10) setzt neben den bei der teilebezogenen Planung notwendigen Bedingungen noch ein gepflegtes „Masterprojekt“ voraus, aus dem die Planungsdaten übernommen werden sollen. Mit Hilfe des in Kapitel 6.7 beschriebenen Abgleichsmechanismus prüft der Prozessplaner des anderen Standortes, ob er die Planungsdaten übernehmen möchte. Will er dies aus bestimmten Gründen verhindern, kann er die Datenübernahme LogTeil-spezifisch blockieren. Da es sich um einen Pull-Mechanismus handelt, kann nun der für das Fahrzeugprojekt am anderen Standort verantwortliche Administrator auf der Fahrzeugprojektebene die Übernahme der Planungsdaten über Nacht anstoßen. Es werden alle relevanten Daten mit Ausnahme der explizit durch den Prozessplaner blockierten Daten übernommen.

5.3 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Funktionssicht

Wie bereits im Kapitel 3.5 ausgeführt, liegt im Weiteren der Fokus auf den Teilaufgaben der *Materialflussplanung* und einem Teilbereich der *Behälterplanung*, da diese beiden Teilaufgaben eine starke Verzahnung aufweisen und immer wiederkehrende Rückkopplungsschleifen zwischen diesen beiden, meist auf unterschiedliche Personen verteilten Aufgabengebieten, unterstützt werden müssen. Die in diesem Umfeld stattfindenden Tätigkeiten lassen sich in dem in Abbildung 5.11 dargestellten Funktionsbaum zusammenfassen, welcher in den folgenden Kapiteln detailliert beschrieben wird.

5.3.1 Materialflussplanung

Die Materialflussplanung umfasst die Planung der logistischen Prozesse von der Montagelinie rückwärts über die internen Transporte, die Lagerung, den Wareneingang bis zum Lieferanten. Diese Aufgabe kann in mehrere Teilaufgaben zerlegt werden.

Abbildung von Logistikketten

Um das zu planende Logistiksystem abzubilden und zu visualisieren, werden Prozessprototypen oder Referenzprozesse definiert und mit Ressourcen (Flächen, Flurförderzeuge,

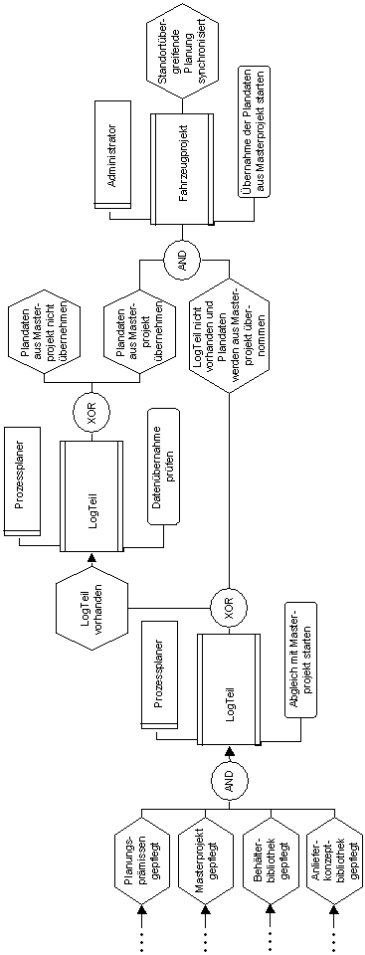

Abbildung 5.10: EPK Standortübergreifende Planung

Abbildung 5.11: Darstellung der Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ als Funktionsbaum

Personal etc.) parametrisiert (vgl. Kapitel 4.3). Diese Standardlogistikketten müssen bereits sehr früh im Planungsprozess zentral definiert und in einer Bibliothek abgelegt werden. Im Serienbetrieb werden Instanzen dieser Referenzprozesse zur Ausführung konkreter Objektflüsse genutzt.

Aufbau der Standardlogistikketten Die Logistikketten beschreiben die logistischen Abläufe als eine Menge von verknüpften Operationen, die als Bausteine zur Verfügung stehen.

Auf diese Weise werden zunächst die wichtigsten Standardlogistikketten wie „Anlieferung im Großladungsträger“, „vereinzelte Anlieferung im Kleinladungsträger“ und die wichtigsten internen Prozesse für Hausteile abgebildet und in einer Bibliothek hinterlegt. Auf Basis des „groben Logistikkonzepts“ für das jeweilige Planungsprojekt (vgl. Kapitel 5.6.1), also einer sehr früh im Planungsprozess erstellten, hoch aggregierten Vorgabe, welche Flächen, Hallen und Fahrwege für ein neues Fahrzeugmodell vorgesehen sind, werden alle in einem Werk möglichen Logistikketten inklusive der Flächen und Wege abgebildet. Wie die praktischen Erfahrungen zeigen, finden sich in den Werken zwischen 60 und 100 verschiedener logistischer Abläufe.

Diese definierten Standardlogistikketten stehen den Planern in den weiteren Planungsphasen zur Verfügung. Die Planung der logistischen Abläufe wird somit für einen Großteil des Teilespektrums auf eine Auswahl und Zuordnung vordefinierter Planungsbausteine reduziert. Dies führt zu einer standardisierten Planung und zu konsistenten Planungergebnissen. Des Weiteren wird durch die Wiederverwendung dieser Planungsbausteine der Aufwand für die anfängliche Definition und übergreifende Abstimmung der Standardlogistikprozesse um ein Vielfaches überkompensiert.

Ebendiese Logistikketten stehen auch während der Serienphase der operativen Logistik bei notwendigen Prozessänderungen zur Auswahl. Sind neue, in dem Auswahlportfolio nicht vorhandene Logistikabläufe notwendig, ist deren Definition wiederum die Aufgabe der Logistikplanungsabteilung.

Für die eher selten benötigten und weniger zu standardisierenden Logistikketten wie „Just-in-Time“ oder „Sequenzierung“ werden Grundgerüste erstellt, die dem Planer für die Abbildung der individuell zu planenden Abläufe zur Verfügung stehen und gewisse Vorgaben machen.

Parametrisierung der Standardlogistikketten Jedes Prozesskettenelement wird parametrisiert und den einzelnen Prozessschritten (Operationen) werden Ressourcen wie Gabelstapler, Transportfahrzeuge und Personal zugeordnet. Weiterhin werden die Flächen definiert auf denen die Operationen stattfinden. Die Aktivitäten, der den jeweiligen Operationen zugeordneten Ressourcen wie „fahren“, „gehen“, „Behälter aufnehmen“ etc. werden über die Prozesszeitbausteine abgebildet. Auf diese Weise werden die *Durchlaufzeiten* ermittelt.

Produktdatenversorgung

Um die Aufgabe der Logistikplanung vor SOP leisten zu können, ist eine Versorgung mit Produktdaten (Stücklistendaten und Teilegeometrien) notwendig. Die Planer müssen informiert werden, welche Teile transportiert und an der Montagelinie bereitgestellt werden müssen. Um dies zu gewährleisten, muss in regelmäßigen Abständen eine aktualisierte Stückliste der betreffenden Fahrzeugmodelle in das Planungssystem eingelesen werden. Um Planungen bereits ohne existierende Stücklistenteile durchführen zu können und den Arbeitsaufwand für die Planer zu verringern, kommt das in Kapitel 5.2.4 ausführlicher beschriebene LogTeil-Konzept zum Einsatz. Die Plandaten werden nicht jedem Bauteil einzeln zugewiesen, sondern einem LogTeil, das meist für eine ganze Teilefamilie steht. Daher müssen nach jedem Stücklisten-Update die neu hinzugekommenen Bauteile einem

solchen LogTeil zugewiesen werden. Somit gelten die für das LogTeil erstellten Planungen auch für dieses neue Bauteil der Teilefamilie. Existiert für ein Bauteil noch kein LogTeil, muss dieses vom Prozessplaner angelegt und die notwendigen Plandaten eingegeben werden.

Automatischer Stücklistenabgleich Der automatische Stücklistenabgleich ist eine administrative Aufgabe. Beim Ausführen dieser Funktion werden

- die Bauteile existierenden LogTeilen zugeordnet, soweit dies automatisch möglich ist und
- der Arbeitsvorrat für die Prozessplaner mit eventuell neuen Bauteilen, die noch zu bearbeiten sind, ermittelt.

Das automatische Zuordnen von Bauteilen zu LogTeilen erfolgt gemeinsam mit dem Ermitteln des Arbeitsvorrates und stellt sicher, dass die definierten Arbeitsvorräte einen minimalen Umfang haben. Für jedes Bauteil eines Arbeitsvorrates wird geprüft, ob genau ein LogTeil existiert. Zuordnungskriterium ist die Teilenummer. Ist das der Fall, wird das Bauteil mit dem LogTeil verknüpft und aus dem Arbeitsvorrat entfernt. Wenn es mehrere passende LogTeile gibt, erfolgt die Zuordnung manuell.

Anlegen und bearbeiten neuer Bauteile Wenn es kein LogTeil gibt, dem das gerade betrachtete Bauteil eindeutig zugeordnet werden kann, muss der Planer es über die Funktion „LogTeil anlegen“ erzeugen. Diese Bauteile werden dem Planer in Form eines Arbeitsvorrats angezeigt. Der Arbeitsvorrat ist die Menge der Bauteile der Stückliste,

- die noch nicht mit einem LogTeil desselben logistischen Projekts verknüpft sind und
- die nicht automatisch einem LogTeil zugeordnet werden können.

Zur Unterstützung des Generierens neuer LogTeile steht eine Funktion „LogTeil-Generierung“ zur Verfügung. Durch Drücken des Buttons „LogTeil anlegen“ wird die Erzeugung neuer LogTeile angestoßen. Den neuen LogTeilen werden die passenden Bauteile auf Basis der Teilenummer automatisch zugeordnet.

Neue LogTeile erhalten folgende Default-Attributwerte:

- Anzahl Farbvarianten berechnet = 1
- Anzahl technische Varianten berechnet = 1

- Lagerreichweite = 4 Tage
- Anlieferung im 2-Behälter-Prinzip

Damit wird erreicht, dass die LogTeile trotz eventuell noch unvollständiger Eingaben des Prozessplaners in den Auswertungen berücksichtigt werden. Der Planer hat aber jederzeit die Möglichkeit, diese Defaultwerte manuell zu überschreiben.

Teilebezogene Planung der Logistikketten

Ausführen der Logistikberechnungen Mit Hilfe einer als „Logistikberechnungen“ bezeichneten Funktion werden auf Basis der mit den LogTeilen verknüpften Bauteilinformationen aus der Stückliste weitere wichtige Grunddaten für die logistische Planung ermittelt. Aus der Stückliste können die Anzahl der notwendigen „Teile pro Fahrzeug“, die „Anzahl technischer Varianten“ und die „Anzahl der Farbvarianten“ ermittelt werden. Weitere wichtige Informationen stellen für den Planer das „Einsatzdatum“ und „Entfalldatum“ eines Teils dar und die Information, ob es sich um ein fremdgefertigtes („Kaufteil“) oder eigengefertigtes Teil („Hausteil“) handelt. Es wird außerdem ermittelt, für welche Fahrzeugderivate (Karosserievarianten, beipielsweise Limousine, Coupe, Cabrio etc.) das LogTeil relevant ist und wie groß die jeweiligen derivatspezifischen Einbauraten sind.

Abgleich mit Ist-Daten als Startbasis Zur Verbesserung der Datenbasis und der Planungsqualität ist es sinnvoll, möglichst viele Daten zu bestehenden Fahrzeugen aus operativen Systemen zu übernehmen, um

- eine effiziente Planung,
- eine sichere Planung (manuelle Eintragungen erhöhen das Fehlerrisiko) und
- konsistente Daten auch über Systemgrenzen hinweg

zu gewährleisten. Sowohl in den operativen Systemen als auch in dem Planungswerkzeug werden Daten über die Zuordnung von Behältern und Lieferanten zu Teilen bzw. LogTeilen, gehalten. Es können für jedes Bauteil Daten zu Behälter, Lieferant, Lagergruppe und Statusinformationen gespeichert werden. Während im Planungswerkzeug bisher in erster Linie zukünftige Planungsstände vor SOP gepflegt werden, spiegeln die Daten der operativen Systeme den aktuellen Stand während der laufenden Fahrzeugproduktion wider und beeinflussen bis zu einem gewissen Grad die Planungen. Änderungen an Behälter- und Verpackungsdaten fließen während der laufenden Produktion von diversen Stellen in die operativen Systeme ein.

Der wiederholte Abgleich zwischen den operativen Systemen und dem Planungswerkzeug soll durch eine Schnittstelle unterstützt werden, die es dem Planer ermöglicht, Differenzen zwischen seinen Planungen und dem Ist-Stand zu identifizieren. Der Planer muss auf der Teileebene spezifizieren, in welcher Richtung der Datenaustausch zu erfolgen hat. Zu diesem Zweck stellt ihm die Planungssoftware eine Synchronisationsliste zur Verfügung, welche die Planungsdaten den operativen Daten gegenüberstellt. Auf dieser Basis gilt zu entscheiden, ob die Verpackung in dem Planungsstand angeglichen wird oder ob der Planer bewusst eine Änderung der Verpackung und eine damit eventuell verbundene Änderung der Logistikkette vornimmt.

Auswahl des Verpackungskonzepts Der Planer muss für jedes Bauteil ein passendes Verpackungskonzept auswählen. Hierbei bildet die Verpackung des Bauteils im Vorgänger- oder in einem Referenzmodell eine wichtige Eingangsinformation (siehe voriges Kapitel). Behälter und bewährte Verpackungskonzepte sollten natürlich übernommen werden. Das Verpackungskonzept beinhaltet neben dem Behälter auch den Behälterfüllgrad, die Bestimmung der Lage der Teile im Behälter und Schutzmaßnahmen (z.B. Staubschutz). Eine wichtige Entscheidung ist, ob ein Teil in einem Standardbehälter angeliefert werden kann oder ob ein Spezialbehälter eingesetzt werden muss. Hier liegt die Schnittstelle zwischen der Rolle des Behälterplaners und der Rolle des Prozessplaners, da sich diese Planungsaufgaben wechselseitig beeinflussen. Generell ist aus Kostenaspekten eine Anlieferung im Standardbehälter vorzuziehen. Spezialbehälter sind teurer, aufwändiger in der Beschaffung und meist nur für ein Fahrzeugprojekt einsetzbar. Der Einsatz eines Spezialbehälters kann notwendig werden, wenn die Teile qualitätsempfindlich sind und beispielsweise ohne gegenseitige Berührung transportiert werden müssen, die Teile automatisiert entnommen werden sollen oder es sich um Gefahrgut handelt.

Weiterhin müssen bei der Wahl des Verpackungskonzepts eventuell auftretende Zielkonflikte zwischen einer optimalen Bereitstellung der Teile an der Montagelinie und dem kostengünstigen Transport und der Lagerung des Materials berücksichtigt werden. Der Planer wird durch ein Regelwerk bei der Auswahl des optimalen Behälters unterstützt, das wie folgt aussehen kann:

- Wähle möglichst einen Kleinladungsträger.
- Wähle den kleinstmöglichen Behälter.
- Beachte, dass die Nachbeschaffungszeit ausreichend ist.
- Der Behälterinhalt sollte immer ein Vielfaches von „x“ sein.
- etc.

Das Planungswerkzeug soll hier über eine Bibliothek der zur Verfügung stehenden Behälter eine Zuordnung zwischen LogTeil und Behälter ermöglichen. Wichtige Informationen zur Unterstützung des Planers stehen in Form der Schnittstelle zu den Operativsystemen und durch die Vergleichsmöglichkeiten mit anderen Fahrzeugprojekten zur Verfügung.

Auswahl des Anlieferkonzepts Eine weitere Aufgabe des Planers bildet die Gestaltung eines Anlieferkonzepts für jedes LogTeil. Ein *Anlieferkonzept* enthält über die Auswahl der Logistikkette hinaus das festgelegte Verpackungskonzept, eine Steuerungsstrategie (z.B. KANBAN), eine Lagerreichweiten- und Bestandsplanung, definierte Anlieferzyklen (z.B. drei Abholungen beim Lieferanten in der Woche durch den Gebietsspediteur) und das Bereitstellungsprinzip (z.B. zwei Behälter stehen an der Montagelinie). Zur Auswahl einer optimalen Logistikkette stehen in erster Linie die in einer Bibliothek vorab zentral definierten und vollständig parametrisierten Standardlogistikketten zur Verfügung (siehe Abschnitt „Abbildung von Logistikketten“). Auf Basis verschiedener Parameter (Verpackungskonzept, Einbaurate, Wert des Teils, Verbrauchsstetigkeit, Umschlagshäufigkeit etc.) entscheidet sich der Planer für eine Logistikkette. Hierbei werden zwei unterschiedliche Vorgehensweisen unterschieden:

- Ca. 90 % der Bauteile können mit den Standardlogistikketten verknüpft werden. Durch dieses als „Linked-Supply-Chain-Konzept“ bezeichnete Vorgehen (vgl. Kapitel 6.2) werden alle an den Standardlogistikketten vorgenommenen Änderungen (eine andere Lagerhalle wird gewählt oder Handlingszeitbausteine werden verändert) an die verknüpften LogTeile weitergegeben.
- Kann keine vordefinierte Kette gewählt werden, stehen weitere Bausteine und vordefinierte Grundgerüste von Logistikketten zur Abbildung von Sonderabläufen wie z.B. Just-in-Time-Anlieferungen oder Sequenzierungen zur Verfügung. Diese müssen vom Planer dann angepasst und vervollständigt werden. Somit können auch individuelle Abläufe abgebildet und deren Ressourcenverbräuche errechnet werden.

Durch die Zuordnung einer Logistikkette werden dem LogTeil gleichzeitig Ressourcen wie Lagerflächen, Flurförderzeuge für die Transporte, bzw. Be- und Entladevorgänge und benötigte logistische Handlingszeiten zugewiesen. Das Planungswerkzeug ermöglicht die Zuordnung der vordefinierten Logistikketten.

Berechnung der Umlaufdauer pro Behälter Den größten Anteil der Investitionen der Logistik bilden regelmäßig die Ausgaben für die Beschaffung von Transportbehältern. Um die Höhe der notwendigen Investitionen bestimmen zu können, ist neben dem Einzelpreis der Behälter die benötigte Anzahl an Behältern eine essenzielle Eingangsgröße. Um

dies berechnen zu können, muss bekannt sein, wie lange ein Behälter für einen Umlauf vom Werk bis zum Lieferanten und zurück benötigt, also nach welcher Zeit der jeweilige Behälter wieder für einen neuen Umlauf zur Verfügung steht.

Als Basis für die Berechnung der notwendigen „Umlauftage pro Behälter“ werden die bereits im Rahmen der anderen Planungstätigkeiten festgelegten Größen herangezogen. Dies spart zum einen Planungsaufwand und sichert zum anderen die Konsistenz der Planung. Eingangsgrößen für die Berechnung der Umlauftage sind neben der „Teilenummer“ der „Behälter“, der „Behälterinhalt“, die produzierte „Anzahl Fahrzeuge pro Tag“, die benötigte „Anzahl Teile pro Fahrzeug“, die „Einbaurate“ des betroffenen Teils und die „Anzahl der Varianten“. In Abhängigkeit von der „Entfernung des Lieferanten“ kann die „Transportdauer“ geschätzt und die beim Lieferanten und im Werk vorzuhaltende „Lagerreichweite“ in Tagen bestimmt werden. Auf Basis dieser Daten wird die notwendige Anzahl der Umlauftage berechnet und gespeichert. Der Planer kann hier ebenfalls manuelle Korrekturen vornehmen.

Überprüfung der Planung auf Basis der Prozesskosten Nach der Eingabe der notwendigen Planungsdaten steht dem Planer ein „Prozesskostenbericht“ zur Auswertung und Plausibilisierung seiner Planungen zur Verfügung. Hierzu wird das in Kapitel 4.4 entwickelte Kalkulationsschema eingesetzt. Durch die Veränderung verschiedener Parameter, die in Abbildung 4.7 dargestellt sind, können logistische Planungsalternativen bewertet, Wenn-dann-Analysen durchgeführt und Wirkungsprognosen erstellt werden.

Übergabe der Plandaten an nachgelagerte Planungsabteilungen und die operativen Systeme Die Logistikplanungsabteilungen stellen ihre Planungsergebnisse regelmäßig anderen Abteilungen zur Verfügung. Dies betrifft insbesondere die Montageplanung. Um den manuellen Aufwand für die Datenbereitstellung zu minimieren und die Aktualität der für andere Abteilungen verfügbaren Daten zu gewährleisten, muss eine automatisierte Schnittstelle bereitgestellt werden. Über diese Schnittstelle können die Logistikdaten aktuell bezogen werden. Es werden die Stücklisteninformationen auf Teileebene, ergänzt um die geplanten Logistikketten und Verpackungskonzepte, übergeben. In einem analogen Prozess soll die Logistikplanung wiederum die Informationen zu den geplanten Bedarfsorten an der Montagelinie beziehen. Die geplanten Verpackungskonzepte werden zu einem definierten Zeitpunkt im Planungsprozess an die operativen Logistiksysteme überspielt. Ab diesem Zeitpunkt übernehmen die operativen Logistiksysteme die führende Rolle. Änderungen werden in den operativen Systemen vorgenommen und in das Planungswerkzeug bei Bedarf übernommen.

Funktionsbereichsübergreifende Planungssynchronisation Wie bereits in der Abbildung 4.3 erkennbar ist, bildet die Digitale Fabrik das Bindeglied zwischen den verschiedenen Planungsprozessen vor SOP. Einen wichtigen Punkt stellt der intensive Datenaustausch zwischen der Logistik- und der Fertigungsplanung (Karosseriebau und Montage) während des gesamten Planungsprozesses dar.

Der Fertigungsplaner legt den Produktionsablauf fest und plant die Anlagen. Der Logistikplaner plant die logistischen Abläufe und schlägt das Verpackungskonzept und das Bereitstellungsprinzip vor. In dem in Abbildung 5.12 gepunktet umrandeten Bereich des Materialbereitstellungsstreifens überlappen sich die beiden Aufgabengebiete. Der Fertigungsplaner positioniert die Behälter im Layout, um dem Fertigungsmitarbeiter vor Ort die Teile optimal bereitzustellen. Er bestimmt, wo die Behälter stehen. Der Logistikplaner legt fest, wie viele Behälter auf dem Materialbereitstellungsstreifen vorhanden sein müssen, um die Versorgungssicherheit der Fertigung zu gewährleisten und wie groß die Behälter sind.

Auch diese beiden Aufgaben beeinflussen sich wechselseitig. Als wichtige Kommunikationsgrundlage dient das 3D-Layout der Montagelinie. Dem Fertigungsplaner werden mit Hilfe eines Synchronisierungsmechanismus auf Knopfdruck alle relevanten von der Logistik geplanten Behälter in der richtigen Anzahl und Größe auf einem Nullpunkt im Layout angezeigt. Diese muss er dann im Layout positionieren. Die Information über den Bedarfsort und die genauen Umstände vor Ort benötigt wiederum der Logistikplaner als Eingangsgröße für seine Planungen.

Ergeben sich Probleme bei der Positionierung der Behälter, müssen die beiden Planer gemeinsam nach Lösungsmöglichkeiten suchen. Einerseits kann der Fertigungsplaner das Bauteil an einem anderen Takt verbauen oder er kann das Layout der Anlage anpassen, damit mehr Platz zur Verfügung steht. Andererseits kann aber auch der Logistikplaner einen kleineren oder regalfähigen Behälter einsetzen, um den Platzbedarf an der Montagelinie zu verringern. Eine weitere Möglichkeit stellt die Anpassung des Anlieferkonzepts dar. Es kann beispielsweise nur ein Behälter vor Ort stehen, der öfter gewechselt werden muss oder die Bauteile können sequenziert an den Bedarfsort angeliefert werden. Dies verringert bei vielen bereitzustellenden Varianten den Platzbedarf an der Montagelinie enorm. Der zusätzlich notwendige Handlingsschritt verursacht aber in der Logistik auch erheblichen Mehraufwand und muss gerechtfertigt werden.

Wichtig ist, dass das Planungswerkzeug mit der gemeinsamen *funktionsbereichsübergreifenden Arbeit in einem Layout* eine wichtige intuitiv verständliche Kommunikationsbasis bietet und den Informationsaustausch zwischen den Funktionsbereichen unterstützt. Der Fertigungsplaner kann ohne Rückmeldung an den Logistikplaner keine Behälter löschen

oder austauschen. Auch bei einer Umtaktung der Behälter an einen anderen Bedarfsort wird der Logistikplaner durch das Planungswerkzeug informiert. Ein anderer Bedarfsort kann unter Umständen eine Anpassung des Verpackungs- oder Anlieferkonzepts erforderlich machen.

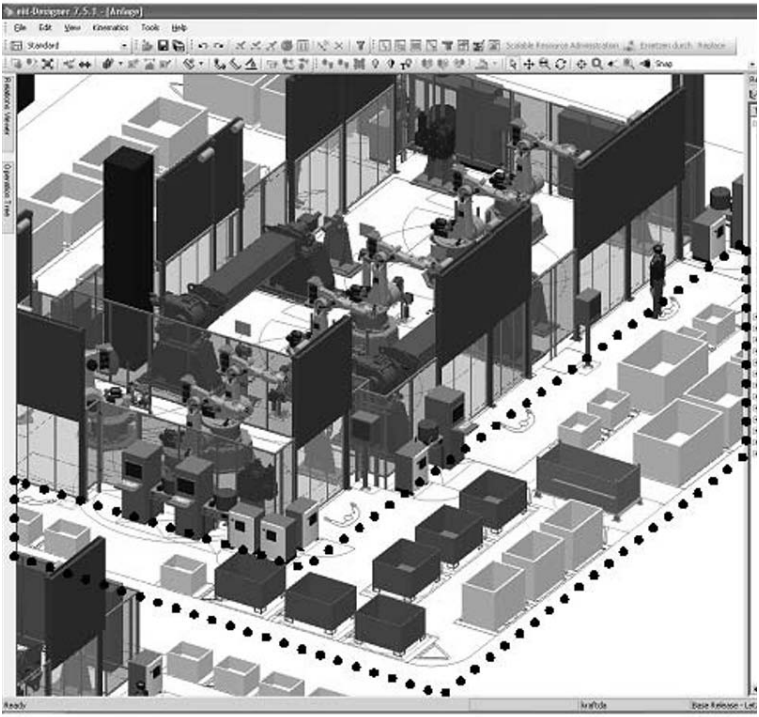

Abbildung 5.12: Funktionsbereichsübergreifender Datenaustausch zur Layoutplanung

Berechnung der notwendigen Investitionen

Das Modul Investverfolgung dient dazu, die für ein Fahrzeugprojekt notwendigen Investitionen zu planen, die Ziele für die einzelnen Investitionsobjekte zu verfolgen, den aktuellen Planungsstand der Kosten und die tatsächlich bereits ausgegebenen Geldmittel miteinander zu vergleichen. Investitionsobjekte können z.B. Behälter, Trailer, Flurförderzeuge, Lagerausstattung, Regale oder EDV-Geräte sein.

Berechnung der notwendigen Anzahl Spezialbehälter Vom Behälterplaner werden die Spezialbehälter in einer Bibliothek angelegt und die Einzelpreise, Kosten für Muster, Werkzeuge, CAD-Zeichnungen etc. eingetragen. Parallel dazu ordnet der Prozessplaner den LogTeilen die Behälter zu und bestimmt die benötigte Umlaufdauer abhängig vom Lieferantenstandort. Hieraus lässt sich die benötigte Anzahl der Behälter errechnen.

$$\text{Anzahl benötigter Behälter} = \frac{\text{Fahrzeuge pro Tag}}{\text{Behälterinhalt}} \times \text{Einbaurate}$$

$$\times \text{Anzahl Teile pro Fahrzeug} \times \text{Umlauftage}$$

Der Investitionssumme setzt sich zusammen aus:

- Einzelpreis × Anzahl Behälter
- Werkzeugkosten
- Entwicklungskosten (Konzeptkosten, Zeichnungskosten und Musterkosten)

Zu den weiteren Berechnungsformeln sei auf Kapitel 4.4.4 verwiesen.

Verfolgung der Investitionen über den Planungszeitraum Während des gesamten Planungsprozesses gilt, Veränderungen zu beachten, deren Auswirkungen zu bewerten und auszuweisen. Der Behälterplaner und der Prozessplaner überwachen gemeinsam die Entwicklung des Planungsstandes. Dabei obliegt dem Behälterplaner, die Einzelpreise, Kosten für Muster, Werkzeuge etc. einzutragen und den ausgabewirksamen Geldmittelfluss zu verfolgen. Veränderungen (z.B. des Behälterinhaltes oder des Lieferantenstandortes), die Auswirkungen auf den Materialfluss und auf die Anzahl benötigter Behälter haben, sind vom Prozessplaner zu berücksichtigen und einzupflegen. Somit können die Investitionen laufend überwacht und Abweichungen von den Zielwerten ausgewiesen und begründet werden.

Fahrzeugprojektweite Auswertung und Prüfung der Planung

Eine wichtige Funktion eines Planungswerkzeugs für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ ist einerseits die detaillierte, teilebezogene Planung für ein bestimmtes Teil und einen bestimmten Prozess zu ermöglichen. Die Hauptaufgabe des Logistikplaners ist, für jedes Bauteil ein optimales Verpackungs- und Anlieferkonzept festzulegen. Alle für diese

Entscheidungen relevanten Informationen wie „Einbaurate“, „Anzahl Varianten“, „Lieferantendaten“, Informationen zum „Bedarfsort“ etc. sollen dem Planer zentral in einem Werkzeug, möglichst auf einer Maske, bereitgestellt werden.

Daneben muss das Planungswerkzeug aber auch auf Basis der detaillierten, durch mehrere Planer durchgeführten teilebezogenen Planungen fahrzeugprojektweite und -übergreifende Auswertungen ermöglichen. Gewisse Planungsaufgaben lassen sich nur durch eine Gesamtsicht mit unterschiedlichen Aggregationsstufen der Informationen unterstützen. Diese aggregierten Berichte basieren ebensfalls auf dem in Kapitel 4.4 entwickelten Kalkulationsschema und greifen auf die gleichen Formeln zu. Jedoch werden die Daten themenbezogen für ein ganzes Fahrzeugprojekt aggregiert ausgewertet.

Auswertung der Flächenbedarfe Der Flächenplaner muss den Bedarf an verschiedenen Flächenarten ermitteln. Die an den logistischen Operationen eingetragenen Verweise auf Flächen-Objekte bestimmen, welche Flächen in den Berichten aufgeführt werden. Der Flächenbericht enthält die Flächenbedarfe jedes LogTeils unterhalb des Startknotens nach Flächen gruppiert. Verursacht ein LogTeil Flächenbedarfe auf verschiedenen Flächen, so werden die jeweiligen Bedarfe in separaten Zeilen aufgeführt. Der Flächenbericht bietet zwei Aggregationsstufen. Zunächst kann der Flächenbedarf nach Anlieferkonzepten aggregiert werden, wobei jedoch die Differenzierung nach LogTeilen entfällt. Für jede Fläche und jedes Anlieferkonzept werden die Flächenbedarfe aller relevanten LogTeile nach Flächenbedarfsart summiert und im Bericht angezeigt. Eine weitere Aggregationsstufe enthält für jede Fläche die Summe der Flächenbedarfe nach Flächenbedarfsart, den Gesamtflächenbedarf für diese Fläche sowie die insgesamt verfügbare Kapazität der Fläche. Die Ausführung und Plausiblilisierung dieses Berichts obliegt der Rolle des Flächenplaners. Aus den Flächenbedarfen für alle an einem Standort gebauten Fahrzeuge lässt sich ein Gesamtkonzept der Flächennutzung eines Werkes und eine Planung für zukünftige Umfänge und notwendige Umlagerungen ableiten.

Auswertung der logistischen Handlingszeitbedarfe Für den Handlingszeitenplaner werden mehrere Berichte, die den Handlingszeitbedarf aus verschiedenen Sichten ermitteln und in verschiedenen Aggregationsstufen anzeigen, benötigt. Es werden für alle unter dem Startknoten liegenden LogTeile Gruppierungen für die unterschiedlichen verknüpften Anlieferkonzepte gebildet. Für diese Gruppen werden jeweils die Durchsätze aller LogTeile kumuliert und mit den hinterlegten Prozesszeiten und Zeitbausteinen verrechnet. In der aggregierten Form dieses Berichts kommt als weitere Gruppierungsebene die Fläche hinzu. Für jede Fläche werden die Operationen gezeigt, die auf ihr stattfinden. Operationen, denen keine Fläche zugeordnet ist, werden in einem eigenen Abschnitt für

die Fläche „Ohne Hallenzuordnung“ aufgeführt. Zwischensummen werden auf der Ebene der Anlieferkonzepte und Flächen für die Spalten „Handlingszeit“ und „Personalbedarf“’ berechnet. Am Ende des Berichts wird die Summe aller Handlingszeiten sowie aller Personalbedarfe angezeigt.

Auswertung der Bedarfe an Flurförderzeugen Die Flurförderzeugberichte ermitteln analog der Handlingszeitberichte den Bedarf an Flurförderzeugen. Basis der Auswertung ist zum einen die Zuordnung von Frachtträgern zu logistischen Operationen und zum anderen die Kennzeichnung von Prozesszeiten, je nachdem, ob diese mit oder ohne Flurförderzeug ausgeführt werden. Beim Aufbau der Prozesszeiten für jede Operation ist zu hinterlegen, ob diese Aktivität ein Flurförderzeug erfordert oder nicht. Der Vorgang „Scannen“ beispielsweise erfordert kein Flurförderzeug und wird in diesem Bericht nicht betrachtet. Die Prozesszeiten für die Aktivität „Behälter transportieren in m“ erfordert einen Gabelstapler und wird ausgewertet. Führt der Gabelstaplerfahrer die Aktivität „Scannen“ aus, kann der Gabelstapler in dieser Zeit nicht für andere Arbeiten genutzt werden. Folglich muss in diesem Fall auch die notwendige Zeit für das „Scannen“ in dem Flurförderzeugbericht ausgewertet werden. Bei der Auswertung werden Gruppierungen für Flächen gebildet. Die Durchsätze aller LogTeile auf dieser Fläche werden kumuliert und mit den für Flurförderzeuge relevanten Prozesszeiten verrechnet. Operationen, denen keine Fläche zugeordnet ist, werden in einem eigenen Abschnitt für die Fläche „Ohne Hallenzuordnung“ aufgeführt. Als Ergebnisse werden der Flurförderzeugbedarf nach Fläche, die benötigte Handlingszeit und der jeweilige Durchsatz angezeigt.

Standortübergreifende Planung

Häufig werden Fahrzeugmodelle an unterschiedlichen Standorten gebaut. Wie bereits aus den bisherigen Ausführungen in diesem Kapitel deutlich wurde, verursacht die logistische Planung eines Fahrzeugs erheblichen Arbeitsaufwand. Diese bereits erbrachten Planungsleistungen sollen zumindest teilweise für die Planungen an einem anderen Standort übernommen werden können. Da der im Kapitel 6.7 beschriebene Abgleichsmechanismus das Pull-Prinzip nutzt, betreffen die folgenden Schritte den Prozessplaner im nachgeordneten Planungsprojekt. Um die standortunabhängigen Daten an einen anderen Standort übernehmen zu können, wird ein Filter- und Kopiermechanismus benötigt.

Erstellung der standortübergreifenden Planung Zunächst ist es notwendig, dass auch für den neuen Standort die notwendigen standortspezifischen Bibliotheken für die Prozesszeiten und die Flächen gepflegt sind. Die standortspezifischen Logistikketten müssen

aufgebaut und die einzelnen Operationen mit den standortspezifischen Ressourcen verknüpft sein. Als weiteren Schritt müssen die Logistikketten beider Planungsprojekte zu standortunabhängigen Logistikprozesstypen zusammengefasst werden, wie dies in Abbildung 6.13 erkennbar ist. Weiterhin muss noch im nachgeordneten Planungsprojekt für jeden Logistikprozesstyp eine „Default-Logistikkette“ definiert werden. Führt der Administrator den Kopiervorgang des Masterprojekts für den neuen Standort aus, werden zunächst alle relevanten Bauteile inklusive der standortunabhängigen Plandaten kopiert. In einem weiteren Schritt werden alle Logistikprozesstypen aus dem Masterprojekt übertragen und durch die für den jeweiligen Logistikprozesstypen im nachgeordneten Planungsprojekt bestimmte Logistikkette ersetzt. Im Nachgang werden noch alle standortabhängigen Ressourcen automatisch ausgetauscht. Somit kann an die Planer ein bereits weitgehend befülltes Planungsprojekt übergeben werden.

Ausführen des Abgleichs mit der Masterplanungsalternative Wurde das nachgeordnete Planungsprojekt einmalig abgeleitet, ist weiterhin ein Mechanismus erforderlich, der den laufenden Abgleich zwischen den beiden Planungsprojekten ermöglicht, da mehrfach im Laufe des Planungsprozesses Änderungen an den Planungsdaten vorgenommen werden.

Der Abgleichsmechanismus nutzt das Pull-Prinzip. Der Planer im nachgeordneten Planungsprojekt bestimmt den Zeitpunkt und den Umfang des Abgleichs von Planungsinformationen. Hierfür kann beispielsweise ein Farbenbaum genutzt werden. Die Farbe zeigt an, ob es Abweichungen zu den Daten im Original gibt. Es muss beispielsweise erkennbar sein, ob sich Daten geändert haben oder das betreffende LogTeil im Original entfallen ist. Der Prozessplaner muss aber auch auf Attributebene erkennen, welche Daten sich genau geändert haben. Entscheidet der Planer, dass die örtlichen Gegebenheiten in seinem Werk einen abweichenden Logistikprozess oder eine abweichende Verpackung bedingen, kann das betreffende LogTeil auch manuell geändert und von zukünftigen Synchronisationen mit dem Masterprojekt ausgenommen werden.

Auf diese Weise können auch im laufenden Planungsprozess die Planungsdaten aus dem Masterprojekt übernommen und die Erreichung eines konsistenten Planungsergebnisses über verschiedene Standorte und Planungsteams unterstützt werden.

5.3.2 Behälterplanung

Den zweiten großen Aufgabenblock der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ bildet die *Behälterplanung*. Im Rahmen dieser Arbeit wird jedoch die Konzeptionierung und die

Konstruktion der Behälter auf Basis von CAD-Daten ausgeklammert, da dieser Themenbereich nicht Ziel des zu erstellenden Planungswerkzeugs ist und anders geartete Anforderungen an eine softwarebasierte Unterstützung stellt. Vielmehr werden die Aufgaben der Rolle Behälterplaner an der Schnittstelle zur Materialflussplanung betrachtet.

Aufbau der neuen Behälter

Die bereits existierenden Behälter stehen den Behälterplanern in Form einer Bibliothek zur Verfügung. Sämtliche relevanten technischen Daten zu jedem Behälter werden abgespeichert. Für ein Fahrzeugprojekt neu zu entwickelnde Behälter werden angelegt und spezifiziert. Auch diese neuen Behälter liegen dem Prozessplaner zur Verpackung eines LogTeils in der Behälterbibliothek vor. Des Weiteren werden diese Behälter für die Investitionsplanung benötigt.

Verfolgung der Meilensteine im Behälterentwicklungsprozess

Parallel zur Planung der notwendigen Investitionen für einen neu zu beschaffenden Behälter ist es notwendig, den fast zwei Jahre dauernden Behälterentwicklungsprozess anhand zentral definierter Meilensteine zu verfolgen. Dieser Meilensteinplan orientiert sich an einem Standardbehälterentwicklungsprozess und legt fest, zu welchen Zeitpunkten vor SOP beispielsweise die ersten Konzepte erstellt, der Musterbehälter abgestimmt und die Produktion der Behälter beauftragt sein sollte. Dies wird individuell für jeden Behälter aufgebaut und verfolgt. Die Überwachung des Entwicklungsstatus für alle Behälter eines Fahrzeugprojekts erfolgt zentral, um rechtzeitig Gegenmaßnahmen bei Verzögerungen ergreifen zu können. Dies kann beispielsweise auch bedeuten, für einen begrenzten Zeitraum eine Ausweichverpackung zu definieren, die vielleicht keine optimale ergonomische Entnahme der Teile ermöglicht.

Verfolgung der Behälteranlieferung in der Fahrzeuganlaufphase

Sind die Behälter fertig entwickelt und ist die Produktion beauftragt, ist der nächste Schritt die Planung der Lieferlose für jeden Behälter. Lieferlospläne werden erstellt, um im Fahrzeuganlauf die Fertigstellung und die Einschleusung der Behälter in den Kreislauf zwischen Werk und Lieferant mit der ansteigenden Anzahl zu produzierender Fahrzeuge zu synchronisieren. Die Bauteile sollen bereits ab der Nullserie in den Serienbehältern angeliefert werden. Die produzierten Fahrzeugstückzahlen liegen in dieser Phase jedoch meist bei wenigen Fahrzeugen am Tag. Es ist somit nicht sinnvoll (und meist auch seitens des

Behälterlieferanten gar nicht möglich), dass der Behälterlieferant bereits zu diesem Zeitpunkt die für die Kammlinienproduktion notwendige Anzahl an Behältern produziert. Werden die Behälter zu früh ausgeliefert, entstehen Kosten und Flächenbedarfe für die Lagerung der noch nicht benötigten Behälter. Werden die Behälter zu spät ausgeliefert, enstehen enorme Kosten für Ausweichverpackungen oder die Fahrzeuge können aufgrund fehlender Teile gar nicht produziert werden. Diesen Zielkonflikt gilt es zu lösen. Dabei dient die Funktion der Lieferlosplanung als Unterstützung.

5.4 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Organisationssicht

Aus der Organisationssicht wird die Aufbauorganisation dargestellt. Mit dem Rollenkonzept wird das Anforderungsprofil einer Organisationseinheit definiert. Dies bildet eine wichtige Grundlage für die Kommunikation und den Workflow im Planungswerkzeug.[13]

5.4.1 Aufbauorganisation der Logistikplanung

Eine weit verzweigte und vernetzte Produktionsstruktur führt notwendigerweise zu einer starken Verzahnung der Arbeitsgruppen und der Planungsprozesse. Der Bereich der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ kann sehr unterschiedlich organisiert sein. Ein Organisationskriterium stellen die Werksstrukturen dar. Ein Planungsteam kann beispielsweise für eine Montagelinie oder ein Werk und alle dort gefertigten Fahrzeugmodelle zuständig sein. Die Logistikplanungsabteilungen können auch nach Fahrzeugprojekten segmentiert sein. Es gibt also für jedes Fahrzeugmodell ein Planungsteam. Sind die Arbeitsgruppen für einzelne Werke zuständig, ist ein Wissensaustausch bezüglich der produktspezifischen Informationen der jeweils in Kombination zu fertigenden Fahrzeugmodelle notwendig. Sind die Teams hingegen nach Fahrzeugmodellen strukturiert, ist zwar das Wissen auf der Produktebene vorhanden, im Gegenzug fehlt jedoch meist die Kenntnis der jeweiligen Strukturen an den verschiedenen Produktionsstandorten bzw. auf den verschiedenen Montagelinien. In beiden Fällen ist ein organisierter und umfassender Informationsaustausch zwischen den Logistikplanungsabteilungen unerlässlich.

Die Logistikplanung hat aufgrund ihrer Querschnittsfunktion sehr viele Schnittstellen sowohl zu den anderen Planungsabteilungen (Presswerk, Karosseriebau, Montage) als auch

[13] vgl. Scheer (2001), S. 52

den jeweiligen operativen Bereichen der Logistik und der Fertigung. Ein wichtiger Punkt ist hier die funktionsbereichsübergreifende Zusammenarbeit auch mit Blick auf die softwaretechnische Unterstützung der Planungsprozesse. Da die in Kapitel 3.4 beschriebenen Aufgaben sehr unterschiedlich auf Organisationseinheiten verteilt sein können, spielt das Rollenkonzept, welches Gegenstand des folgenden Kapitels ist, für die Entwicklung eines softwarebasierten Planungswerkzeugs eine wichtigere Rolle als die jeweilige Aufbauorganisation.

5.4.2 Rollenkonzept der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

Aktivitäten werden nicht konkreten Personen oder Organisationseinheiten als Bearbeiter zugeordnet, sondern spezifischen Ausführungsinstanzen, die bestimmte Rollen übernehmen. Eine Rolle (z.B. Prozessplaner) fasst dabei eine Menge von Fähigkeiten und Kompetenzen zusammen. Einzelne Benutzer in derselben Rolle sind austauschbar, da die Rollenzugehörigkeit für die Berechtigung zur Ausführung einer Tätigkeit ausschlaggebend ist. Es ist möglich, dass ein Benutzer auch mehrere Rollen einnimmt.[14] Innerhalb der Planungsteams können folgende Rollen unterschieden werden, die in dem Organigramm in Abbildung 5.13 dargestellt sind:

Manager erfüllen eine übergreifende Funktion und werden in Form von aggregierten Reports über den aktuellen Stand der Planung informiert.

Fahrzeugprojektkoordinatoren sind übergreifend für Planungsprojekte zuständig. Sie können neue Planungsprojekte anlegen und spezifizieren die globalen Parameter auf den Prämissenblättern. Zu produzierende Fahrzeugstückzahlen, Kostenfaktoren etc. werden als Planungsgrundlagen festgelegt. Das Prämissenblatt kann auch nur von den Koordinatoren wieder verändert werden. Außerdem legen die Koordinatoren die Zielwerte bei der Investionsplanung fest.

Prozessplaner sind für die Ausgestaltung eines oder mehrerer ihrer Arbeitsgruppe zugeordneten Projekte verantwortlich. Sie nehmen die teilebezogene Planung vor und ordnen Verpackungskonzepte und die Logistikketten den jeweiligen Teilefamilien zu (vgl. Kapitel 5.3.1). Dazu verfügen sie über Lese- und Schreibzugriff auf diese Projekte. Alle anderen Projekte können vom Prozessplaner eingesehen, jedoch nicht verändert werden. Für Ihre Arbeit stehen ihnen die verschiedenen Sichten zur Verfügung (vgl. Kapitel 6.4.3).

Behälterplaner sind für die Entwicklung der Behälter zuständig und bilden jeweils mit einem oder mehreren Prozessplanern ein Team. Die Aufgabe der Behälterplaner ist das

[14] vgl. Reichert/Rinderle (2002) S. 32-33

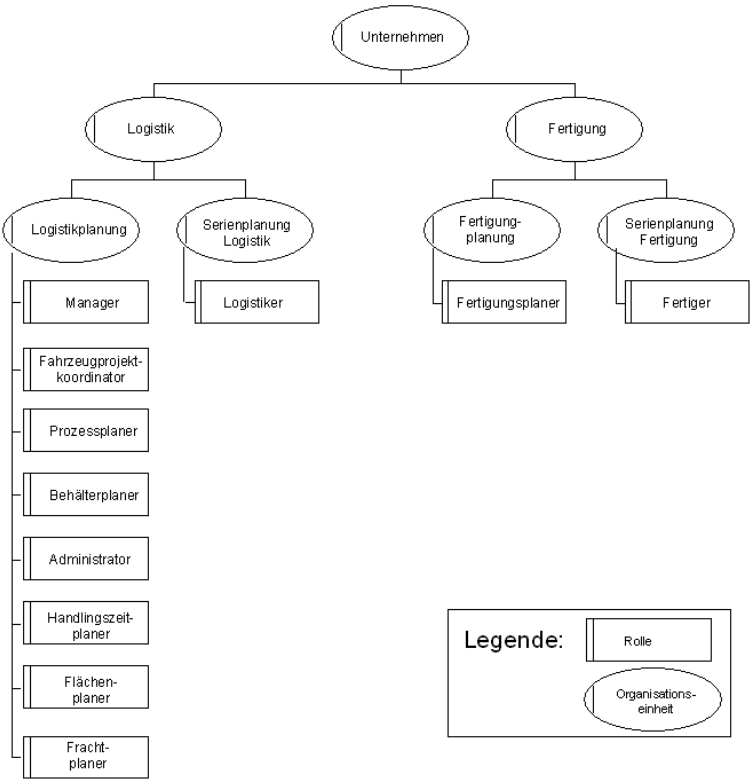

Abbildung 5.13: Organigramm der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ mit Rollenkonzept

Anlegen und Pflegen der Behälterstammdaten, die Verfolgung der Behälterentwicklungsmeilensteine und der termingerechten Anlieferung der Behälter während der Fahrzeuganlaufphase (vgl. Kapitel 5.3.2). Gemeinsam mit dem Prozessplaner obliegt ihnen die Berechnung und Verfolgung der notwendigen Investitionen für ein Fahrzeugprojekt.

Administratoren besitzen weitreichenden Zugriff auf alle Projekte. Sie führen vornehmlich globale Datenverwaltungs- und Aktualisierungstätigkeiten wie Stücklistenimporte, Rechtevergabe oder Spezifikation von Benachrichtigungsoptionen durch.

Handlingszeitenplaner sind für die Planung der logistischen Handlingszeiten zuständig. Sie erstellen die Prozesszeiten aus den Zeitbausteinen für die Standardlogistikketten und unterstützen die Planer bei der Erstellung der Handlingszeiten für Sonderfälle wie Sequenzierungen. Außerdem sind sie für die Pflege der handlingszeitrelevanten Bibliothe-

ken zuständig und für die Erstellung der handlingszeitbezogenen Auswertungen.

Der *Flächenplaner* ist für die Pflege und Erstellung der Flächendaten in den Bibliotheken zuständig und kümmert sich um die Auswertung der Flächenbedarfe eines Fahrzeugprojekts.

Der *Frachtenplaner* erstellt fahrzeugprojektweite und -übergreifende Auswertungen zu den Transportvolumina, prognostiziert die Frachtenentwicklung und ermittelt geeignete Umfänge für die Umsetzung von Rundlauf-LKWs und Direktanlieferungen.

Fertigungsplaner sind für die Planung der Fertigungsanlagen verantwortlich und legen die Montagereihenfolge der Bauteile fest. Somit können für die Logistik die *Bedarfsorte*, also die Orte an denen die Bauteile angeliefert werden sollen, abgeleitet werden. Für die Aufgabe der Materialbereitstellung an der Montagelinie muss die Fertigungsplanung und die Logistikplanung eng zusammenarbeiten. Der Fertigungsplaner benötigt wiederum die Logistikinformationen zur Verpackung und der Anlieferung der Bauteile an der Montagelinie, um die Arbeitsplätze optimal gestalten zu können.

Einen wichtigen Kontakt stellen für die Planung auch die jeweiligen operativen Bereiche dar. Im Rahmen dieser Arbeit ist es jedoch ausreichend, die operativen Bereiche als eine Rolle zu betrachten. Ähnlich wie bei der Fertigungsplanung spielen die jeweiligen internen Abläufe und Rollenaufteilungen für die Erstellung eines Planungswerkzeugs für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ eine untergeordnete Rolle.

Die Rolle *Logistiker* liefert Informationen aus dem operativen Bereich der Logistik und kennt die aktuellen Logistikprozesse.

Die Rolle *Fertiger* übernimmt die gleiche Funktion wie der Logistiker für den aktuellen Fertigungsprozess und die aktuelle Situation an der Montagelinie.

5.4.3 Abbildung der Organisationssicht im Planungswerkzeug

Ein *flexibles Berechtigungskonzept* ist die Basis für eine rollenabhängige, workflow-orientierte Abbildung der Organisationssicht in dem Planungswerkzeug (vgl. Kapitel 6.8.4). Die Rechtevergabe sollte in Abhängigkeit von der Aufbauorganisation den Zugriff auf die Planungsprojekte bestimmen und den dem Benutzer zur Verfügung stehenden Funktionsumfang in Abhängigkeit von der wahrgenommenen Rolle reglementieren. Durch die Kombination von Organisationsmodell und Rollenkonzept ergibt sich eine Matrix.

Auch durch die Definition und Wiederverwendung bestimmter Planungsbausteine kann ein Rollenkonzept unterstützt werden. Im Rahmen des Aufbaus der zentral in einer Bibliothek abgelegten Standardlogistikketten (vgl. Kapitel 5.3.1) darf nur die Rolle des Handlingszeitenplaners die Aktivitäten auf den Operationen mit Zeitbausteinen abbilden, da dies Expertenwissen und eine einheitliche Vorgehensmethodik voraussetzt. Den Prozessplanern stehen nur diese mit Handlingszeiten belegten Logistikprozesse zur Verfügung. Somit lässt sich die Nachvollziehbarkeit und die Plausibilität des Planungsergebnisses steigern, obwohl die Planung durch verschiedene Planer und Teams an verschiedenen Standorten erfolgt.

5.5 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Datensicht

Die Datensicht enthält die Datenobjekte, die von den Funktionen bearbeitet und manipuliert werden. Das in dieser Arbeit aufgebaute Geschäftsprozessreferenzmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ bildet auf Basis der Prinzipien der Anwenderorientierung und der Strukturähnlichkeit die Grundlage für das Datenmodell.[15]

5.5.1 Methodische Grundlagen zu Entity-Relationship-Modellen

Die Elementarbausteine des *Entity-Relationship-Modells (ERM)* sind Gegenstände und Beziehungen zwischen Gegenständen. Ein Gegenstand (Entity) ist ein abgrenzbares Objekt. Eine Beziehung (Relationship) ist eine Verknüpfung von zwei oder mehreren Entities. Beispiele sind „Werk“ oder „Fahrzeugprojekt“.

Gleichartige Entities werden zu Entity-Typen, gleichartige Relationships zu Relationship-Typen zusammengefasst. Erstere werden durch Rechtecke, letztere durch Rauten grafisch dargestellt. Zur Verbindung der Symbole dienen ungerichtete Kanten.

Die Komplexität gibt an, in welchem Verhältnis Entities zueinander stehen. Dies wird durch die Beschriftung der Kanten mit 1, m und n ausgedrückt. Es existieren Beziehungen des Typs eins-zu-eins *(1:1)*, eins-zu-viele *(1:n)* und viele-zu-viele *(m:n)*.[16]

Eine Erweiterung des ERM stellen die Aggregation und die Vererbung dar. Die Aggregation beschreibt eine Ist-Teil-von-Hierarchie *(is-part-of)*. Die Vererbung ermöglicht es,

[15] vgl. Balzert (2000), S. 686-696
[16] vgl. Ferstl/Sinz (1998), S. 127-129

gemeinsame Attribute verschiedener Entity-Typen in einem übergeordneten Entity-Typ zusammenzufassen *(is-a)*.[17]

5.5.2 Ableitung der generellen Gestaltung des Datenmodells

Wie in Kapitel 2.4.1 festgestellt wurde, kann das Planungsobjekt der Logistik, das Logistiksystem, in die drei Ebenen Fließsystem, Objektfluss und Flussobjekt zerlegt werden. Ein Logistiksystem setzt sich aus den Flussobjekten (Stücklistenteile repräsentiert durch die LogTeile), den Ressourcen (teilweise standortspezifisch) und den Operationen (teilweise standortspezifisch) zusammen. Für ein Logistiksystem werden auf der Fließsystemebene Referenzprozessketten definiert, die bei einem konkreten Auftrag durchlaufen werden können. Die Ressourcen werden dann tatsächlich von dem Flussobjekt, also dem Bauteil bzw. LogTeil „genutzt“.

Dies bedeutet, dass das LogTeil als das Flussobjekt, das auf den vorgeplanten Objektflüssen das Fließsystem durchläuft, den zentralen Datenträger in dem Planungswerkzeug darstellt. Alle Informationen, die sich nur auf ein spezifisches LogTeil beziehen, müssen auch dort gespeichert werden. Dies gilt auch für Ergebnisse von Berechnungen und Auswertungen. Das Flussobjekt verursacht beim Durchlaufen des Fließsystems durch die Inanspruchnahme der Ressourcen die tatsächlichen Aufwände und „sammelt“ diese Informationen in Form von Kosten und Kennzahlen sozusagen ein.

In Kapitel 6.2 wird die Wiederverwendbarkeit der Planungsdaten und die schnelle Durchführbarkeit von Planungsänderungen als Anforderung für das Planungswerkzeug gestellt. Dies bedeutet, dass an den Logistikketten keine LogTeil-spezifischen Informationen, beispielsweise zu Behältern oder Berechnungsergebnissen, gespeichert werden dürfen.

In Kapitel 6.7 wird gefordert, dass eine standortübergreifende Planung unterstützt werden soll, da viele Planungsdaten übernommen werden können. Die Planungsdaten können prinzipiell in standortabhängige und standortunabhängige Daten differenziert werden. Typische standortunabhängige Größen sind beispielsweise Verpackungsdaten und Informationen über die Teilelieferanten. Diese werden direkt mit dem LogTeil verknüpft. Standortabhängige Planungsdaten, beispielsweise nutzbare Flächen und vorhandene Flurförderzeuge, werden für das jeweilige Werk in Form von Bibliotheken abgelegt. Dies gilt auch für die Logistikprozesse, die die standortspezifischen Ressourcen nutzen.

Eine weitere bei der Gestaltung des Datenmodells zu berücksichtigende Anforderung ist, dass die relevanten Prämissen, die für ein ganzes Werk oder ein zu planendes Fahrzeug-

[17] vgl. Balzert (2000), S. 253

projekt (z.B. Fahrzeugstückzahlen) gelten, auch zentral auf einem „Prämissenblatt“ abgelegt werden können. Das Berichtswesen muss für die Berechnungen auf diese zentral abgelegten Werte zugreifen. Des Weiteren ist zu fordern, dass alle Berechnungen[18] von den Berichten „online“ unter Zugriff auf die an verschiedenen Klassen und Objekten abgelegten Basisdaten durchgeführt werden. Die Fahrzeugstückzahlen müssen nur einmal zentral am Fahrzeugprojektknoten geändert werden. Die Berichte berechnen bei der nächsten Ausführung alle Kennzahlen mit der neuen zu Grunde gelegten „Anzahl der zu produzierenden Fahrzeuge“. Das Logistiksystem ist in einem experimentierfähigen Modell abgebildet und kann zur Planung und Optimierung der Logistikprozesse genutzt werden (vgl. Kapitel 4.5.2).

5.5.3 Beschreibung der Datenmodells

Nun soll das zu erstellende Fachkonzept aus der Datensicht in Form eines Entity-Relationship-Modells betrachtet werden. Abbildung 5.14 stellt dies aus einer Makrosicht dar. Im Folgenden werden die einzelnen Bestandteile detailliert beschrieben.

Werk

Das *Werk* stellt im Rahmen der Logistikplanung einen zentralen Punkt dar. Am Werksknoten werden *global gültige Planungsprämissen* wie „Jahresarbeitstage“ und „Kostenfaktoren“ hinterlegt, die die Grundlage für die Berechnungen in den Reports bilden. Ein Werk stellt für die Produktion von Fahrzeugen mehrere Arten von *Ressourcen* zur Verfügung. Zunächst befinden sich in einem Werk mehrere *Flächen*. Diese können Lager-, Umschlags-, Sequenzierflächen oder Verbauorte sein. Das *Personal* wird ebenfalls dem Werk zugeordnet, genauso wie die *Flurförderzeuge*. Sowohl Flächen als auch Personal und Flurförderzeuge können jedoch nur einem Werk zugeordnet sein. Der Einsatz des Personals und der Flurförderzeuge wird in Form von Zeitbausteinen modelliert. Obwohl Behälter üblicherweise in mehreren Werken genutzt werden, werden diese hier aus Praktikabilitätsgründen ebenfalls dem Werk zugeordnet. Diese werksspezifische Behälterbibliothek ist jedoch über eine zentrale „Masterbibliothek“ zu aktualisieren. Ein Behälter kann aber auch in mehreren Werken eingesetzt werden.

[18] Hierzu gibt es nur wenige Ausnahmen, wie beispielsweise die Berechnung der Einbauraten.

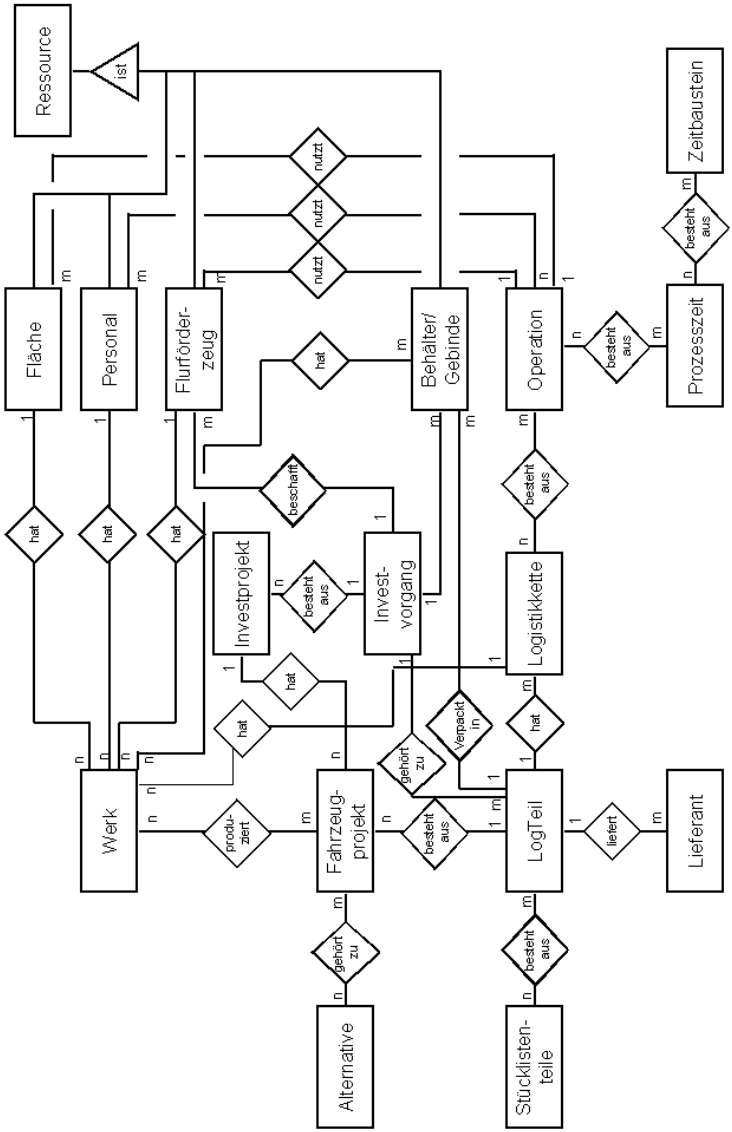

Abbildung 5.14: Datenmodell eines Planungswerkzeugs zur Unterstützung der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ aus Makrosicht

Fahrzeugprojekt

In einem Werk können mehrere *Fahrzeugprojekte* produziert werden. Diese Bezeichnung wird gewählt, da mit diesem Begriff Fahrzeugmodelle, ganze Fahrzeugfamilien oder nur bestimmte Varianten eines Fahrzeugmodells (z.B. nur die Limousine Linkslenker mit Frontantrieb) beschrieben werden können, die eventuell auch nur für bestimmte Zeitabschnitte geplant werden müssen. Ein Fahrzeugprojekt kann ebenfalls in mehreren Werken hergestellt werden. Am Fahrzeugprojekt werden die für diese Planungsalternative *gültigen Planungsprämissen* abgelegt. Dies sind beispielsweise „Taktzeiten“, die gültigen „Stücklisten“ inklusive der eventuell zu setzenden „Filter“ (vgl. Kapitel 6.7.3) und der „Gültigkeitszeitraum“ der Planungsalternative. Weiterhin werden hier die der Planung zu Grunde liegenden „derivatspezifischen Fahrzeugstückzahlen pro Tag“ hinterlegt. Somit wird ein Fahrzeugmix auf Kammlinienstand abgebildet, der ein über einen längeren Zeitraum stabiles Produktionsprogramm abbildet.

Alternative

Sind für die Planung eines Fahrzeugprojekts mehrere Planungsalternativen zu betrachten, wird dies in Form von *Alternativen* abgebildet. Zum Beispiel soll der Bau eines Fahrzeugprojekts an verschiedenen Standorten oder auf verschiedenen Montagelinien auf Basis unterschiedlicher Prämissen geplant werden können. Ein Fahrzeugprojekt kann in verschiedenen Alternativen vorkommen, eine Alternative kann auch mehrere Fahrzeugprojekte enthalten, die sich eventuell gegenseitig beeinflussen. Um diese Planungsalternativen zu erzeugen, wird ein Kopiermechanismus eingesetzt. Somit kann meist ein großer Teil der Planungsdaten übernommen werden. Außerdem bleiben Referenzen zu den Ursprungsdaten erhalten. Somit ist ein laufender Vergleich zwischen Original und Kopie bzw. auch eine Aktualisierung der Kopie möglich.

Stückliste

Die Attribute der Stücklisten stellen für die Logistikplanung Eingangsdaten dar und müssen weitgehend automatisiert eingelesen werden können. Die *Stückliste* enthält wichtige Informationen, wie „Anzahl Teile pro Fahrzeug“, „Einsatzdatum“, „Entfalldatum“ oder auch die „PR-Nummern Kombination“, die Auskunft gibt, in welchen Fahrzeug- oder Ländervarianten ein Bauteil verwendet wird und somit für die Ermittlung der Einbaurate essenziell ist. Der hierarchische Aufbau der Stückliste in einer Baumstruktur gibt außerdem Hinweise auf die Zusammenbaureihenfolge und die Fertigungstiefe.

LogTeil

Ein Fahrzeugprojekt besteht aus *LogTeilen*. LogTeile fassen gemäß der Definition in Kapitel 5.2.4 logistisch gleich zu behandelnde Stücklisten- oder Bauteile zu einem Planungsobjekt zusammen. Stücklistenteile können zu mehreren LogTeilen gehören und ein LogTeil kann mehrere Stücklistenteile enthalten. Das LogTeil gehört aber zu genau einem Fahrzeugprojekt in einer Alternative.

Die LogTeile tragen den größten Teil der Planungsinformationen. Hier wird die „Anzahl Teile pro Fahrzeug“, die „Einbaurate“, die „Anzahl technischer Varianten“, die „Anzahl Farbvarianten“, die „Teileart“ (Hausteil, Kaufteil), der „Verbauort“ und andere logistisch relevante Daten hinterlegt.

Ein LogTeil wird von einem *Lieferant* geliefert. Ein Lieferant kann mehrere LogTeile liefern. Wird eine Teilefamilie von mehreren Lieferanten geliefert, muss ein zweites LogTeil angelegt werden, da diese Teilefamilie nicht mehr logistisch gleich zu behandeln ist. In Abhängigkeit des Lieferantenstandortes ergibt sich beispielsweise eine abweichende Umlaufdauer für die Behälter, die in „Umlauftagen“ angegeben werden. In diesem Sonderfall ist es auch möglich, dass ein Stücklistenteil innerhalb einer Planungsalternative mehreren LogTeilen zugeordnet ist.

Ein LogTeil wird weiterhin in (genau) einem *Behälter* verpackt. Wiederum gilt, wenn bestimmte Teile einer Teilefamilie in unterschiedlichen Behältern verpackt werden, dann muss ein zweites LogTeil angelegt werden. In einem Behälter können jedoch generell unterschiedliche LogTeile verpackt werden.

Des Weiteren wird einem LogTeil eine *Logistikkette* zugeordnet, welche den kompletten logistischen Prozess beschreibt, den alle diesem LogTeil zugeordneten Teile durchlaufen. Ein LogTeil hat immer nur eine Logistikkette. Diese kann aber von mehreren LogTeilen genutzt werden. Im Datenmodell ist vorgesehen, dass zwischen einem LogTeil und einer Logistikkette, sowohl eine 1:1 als auch eine 1:m Beziehung hergestellt werden kann. Durch eine 1:1 Beziehung kann ein Logistikprozess abgebildet werden, der speziell nur für dieses eine LogTeil gilt. Durch eine 1:m Beziehung können Standardlogistikprozesse mit mit mehreren LogTeilen verknüpft werden. Dies wird im Rahmen dieser Arbeit als „Linked-Supply-Chain-Konzept“[19] bezeichnet.

Durchlaufen Bauteile unterschiedliche logistische Prozesse oder müssen an unterschiedlichen Verbauorten angeliefert werden, muss ein neues LogTeil angelegt werden.

[19] Für diese Idee wurde ein eigener Name gewählt, da es sich erwiesen hat, dass dieses Konzept zur Reduzierung des Pflegeaufwandes und damit zur Einsetzbarkeit des Planungswerkzeuges in der Praxis von höchster Bedeutung ist.

Logistikkette

Die Logistikkette besteht ihrerseits aus mehreren *Operationen*. Eine Operation, z.B. „Wareneingang“ oder „Transport intern“, kann in mehreren Logistikketten verwendet werden. An der Logistikkette ist zu definieren, zu welchem „Logistikkettentyp“ diese spezielle Logistikette gehört und ob diese Logistikkette für dieses Werk die zu verwendenden „Default-Logistikkette“ darstellt. Ein Werk verfügt über mehrerere Logistikketten, eine Logistikkette ist jedoch immer standortspezifisch. Dies bildet die datentechnische Grundlage für das Konzept der standortübergreifenden Planung, wie in Kapitel 6.7 beschrieben.

Operation

Den Operationen werden die *Ressourcen* zugeordnet, die im Falle einer Ausführung eines Prozesses zur Erfüllung eines konkreten Auftrags genutzt werden. Eine Operation findet auf einer „Fläche“ statt, kann durch mehrere Personen durchgeführt werden und nutzt ein „Flurförderzeug“. Umgekehrt können auf jeder Ressource mehrere Operationen stattfinden bzw. durch diese Ressource vorgenommen werden. Weiterhin werden auf den Operationen die Aktivitäten in Form von *Prozesszeiten* abgebildet, die sich wiederum aus *Zeitbausteinen* zusammensetzen lassen. Diese wiederum können in mehreren Operationen Verwendung finden.

Somit ist auch auf der Ebene des Datenmodells der Kreislauf geschlossen. Wird in einem Werk eine bestimmte Anzahl eines bestimmten Fahrzeugtyps gebaut, welches aus einer bekannten Anzahl von LogTeilen besteht, kann über die Behälterinhalte die pro Zeiteinheit durchzusetzende Anzahl Behälter errechnet werden. Über die den LogTeilen zugeordneten Prozessketten kann die Belastung der jeweiligen Ressourcen ermittelt werden. Somit ist eine Prognose der zu erwartenden Kosten des Logistiksystems möglich. Durch die Anzahl benötigter Behälter und die jeweiligen Behältergrößen können die benötigten Flächen errechnet werden. Über die in Form von Handlingszeitbausteinen abgebildeten Handlingsoperationen pro Behälter lassen sich die notwendigen Bedarfe an Personal und Flurförderzeugen ermitteln.

Investprojekt

Ein wichtiger Bestandteil der Planung eines Fahrzeugprojekts ist die Berechnung und Verfolgung der notwendigen Investitionen. Der Hauptbestandteil der Investitionen der Logistik sind Spezialbehälter. Ein Behälter kann jedoch nicht nur einmalig beschafft werden,

sondern auch eine Nachbeschaffung muss abgebildet und verfolgt werden können, z.B. für eine Fahrzeugstückzahlerhöhung oder wegen beschädigter oder fehlender Behälter. Daher müssen die „Investvorgänge“ in einer eigenen Bibliothek abgebildet werden. An dem Behälter selbst werden nur Stammdaten gespeichert, die sich über den Behälterlebenszyklus nicht verändern. Der Behältereinzelpreis beispielsweise sollte nicht am Behälter gespeichert werden, da sich der Preis bedingt durch die Inflation, steigende Stahlpreise oder in Abhängigkeit der jeweils beschafften Menge verändern kann. Diese Modellierung ermöglicht es, dieselbe „Investressource“ mehrfach zu beschaffen.

Die „Investvorgänge“ werden zu einem Investprojekt zusammengefasst. Das Investprojekt ist einem Fahrzeugprojekt zugeordnet und trägt einen eigenen „SOP“. Dieser kann beispielsweise im Fall einer Nachbeschaffung vom SOP des Fahrzeugprojekts abweichen. Jedem Fahrzeugprojekt können mehrere *Investprojekte* zugeordnet werden. Des Weiteren werden am Investprojekt die „derivatspezifischen Fahrzeugstückzahlen“ hinterlegt, auf denen Berechnung der zu beschaffenden Anzahl Behälter beruht. Diese Fahrzeugstückzahlen bilden aber nicht wie die Stückzahlen am Fahrzeugprojektknoten einen Fahrzeugmix auf der Kammlinie ab, sondern die im Produktlebenszyklus des jeweiligen Derivates *maximal zu produzierende Stückzahl*. Der Planung der Flächen, Handlingszeiten und Transportvolumina wird ein über eine längere Zeit durchschnittliches Produktionsprogramm zu Grunde gelegt, während bei der Behälterbeschaffung die Maximalstückzahlen im Produktlebenszyklus betrachtet werden müssen.

Investvorgang

„Investvorgänge“ sind die Träger der eigentlichen Investitionsplanungsdaten. Jeder „Investvorgang“ ist mit genau einer *„Investressource“* (Behälter oder Flurförderzeug) verknüpft und beschreibt einen Beschaffungsvorgang für diese Ressource von der Festlegung der Zielkosten bis hin zur Lieferung. Für eine „Investressource“ können mehrere „Investvorgänge“ angelegt werden, da diese mehrfach oder im Rahmen unterschiedlicher Fahrzeugprojekte oder von unterschiedlichen Werken beschafft werden können (z.B. ein Standardbehälter).

Jeder „Investvorgang“ ist mit genau einem *LogTeil* verknüpft. Somit ist bekannt, für welches LogTeil und welches Fahrzeugprojekt in welchem Werk der Behälter beschafft wird. Vom LogTeil werden wichtige Informationen für die Berechnung der „Anzahl zu beschaffender Behälter“ übernommen. Dies sind die Attribute „Anzahl Teile pro Fahrzeug“, die „Einbaurate“, die „Umlauftage“ und der „Behälterinhalt“. Kann die beschaffte „Investressource“, z.B. ein Spezialbehälter, für mehrere LogTeile genutzt werden, so sind, analog zur Logik des Aufbaus von LogTeilen, auch mehrere „Investvorgänge“ anzulegen, da die

Eingangsdaten in die Berechnung der „Anzahl zu beschaffender Behälter“ wie Umlauftage oder Einbauraten abweichen können.

Investverfolgung An dem „Investvorgang“ können die diesen Beschaffungsvorgang betreffenden Finanzmittel verfolgt werden. Es kann ein „Zielwert“, ein „Ausplanungsstand“, „Chancen“ und „Risiken“ und der tatsächliche aktuelle „Stand ausgegebener Geldmittel“ eingegeben und reportet werden.

Statusverfolgung der Behälterentwicklung Des Weiteren dient der „Investvorgang“ der *Statusverfolgung der Behälterentwicklung*. Der am Investprojekt hinterlegte SOP dient der automatischen Berechnung der für den Entwicklungsvorgang einzuhaltenden Meilensteine. Diese leiten sich aus einem Standardbehälterentwicklungsprozess ab. Für die Phase der Anlieferung der Behälter während der Anlaufphase kann eine Planung der Lieferlose vorgenommen werden. Es können „Soll-Anliefertermine“, „Voraussichtliche Anliefertermine“ und tatsächlich eingetretene „Ist-Liefertermine“ verfolgt und ausgewertet werden.

Lieferant

Jedes LogTeil wird von einem Lieferanten geliefert. Lieferanten werden in einer Bibliothek abgelegt und tragen die Informationen zu „Name“, „Ort“, „Postleitzahl“, „Land“ und „Entfernung vom Werk“. Diese Informationen sind für die Ermittlung der Anzahl der zu beschaffenden Behälter und für die Auswertungen der Transportvolumina und Frachten von Bedeutung.

Ressourcen

Flächen Den Operationen werden Flächen zugeordnet, auf denen diese stattfinden. Es werden verschiedene Flächen benötigt, beispielsweise Lagerflächen unterschiedlicher Art, Sequenzierflächen, Pufferbereiche, Bereitstellungsflächen etc. Die Flächen werden ebenfalls in einer Bibiliothek abgelegt und tragen Informationen zu ihrer „Position im Werk“, ein 2D- und 3D-Layout, der „verfügbaren Lagerfläche“, der „Lagerhöhe“ und dem auf dieser Fläche eingesetzten „Schichtmodell“. Weiterhin ist die „Art“ (Regallager, Blocklager etc.) der Flächennutzung anzugeben.

Personal Das notwendige Personal wird direkt an den Operationen durch Prozesszeiten bzw. Zeitbausteine abgebildet. Dies richtet sich nach den Vorgaben aus dem Industrial Engineering.

Flurförderzeuge Die verschiedenen Arten von Flurförderzeugen wie Hubwagen, Gabelstapler, Zugmaschinen und Anhänger werden in einer Bibiliothek zusammengefasst. Notwendige Informationen sind neben der „Bezeichnung“ Angaben zu „Transportlasten“ in Tonnen, „Kosten“ und „Fahrgeschwindigkeiten“.

Behälter und Gebinde Ein Behälter hat technische Daten wie „Länge“, „Breite“, „Höhe“ und einen „Stapelfaktor“. Weitere wichtige Informationen sind der „Behältertyp“ (Stahl, Kunststoff), die „Behälterart“ (Kleinladungsträger, Großladungsträger) und ob der Behälter faltbar ist. Bei faltbaren Behältern ist auch die „Höhe gefaltet“ und der „Stapelfaktor gefaltet“ wichtig. Ein Gebinde ist eine eigenständige Ressource, die aus mehreren anderen Behältern und Ressourcen besteht. Als zusätzliche Attribute muss bei Gebinden die „Anzahl Lagen“ und „Anzahl Behälter je Lage“ angegeben werden. Abbildung 5.15 illustriert die Beziehung zwischen Gebinde und Behältern.

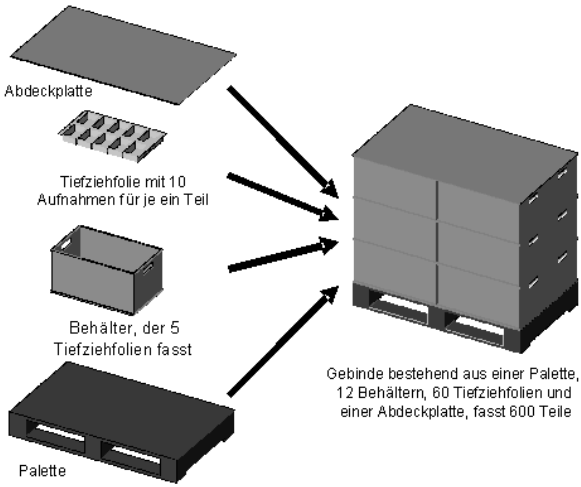

Abbildung 5.15: Zusammensetzung eines Gebindes

Die Behälter und Gebinde müssen zentral in einer Masterbibliothek abgelegt und gepflegt werden. Dies ist erforderlich, da die Behälterplaner häufig fahrezeugprojektübergreifend tätig sind und die Behälter auch werksübergreifend eingesetzt werden. Es hat sich in der Praxis als sinnvoll erwiesen, die Behälterbibliotheken werks- oder sogar fahrzeugprojektspezifisch im Rahmen der Fahrzeugprojektplanungen zu nutzen, um den Prozessplanern die Auswahl der Behälter zu erleichtern. Es ist aber zwingend erforderlich, dass diese projektspezifischen Bibliotheken aus der Masterbibliothek aktualisiert werden. Dies sollte auch funktionsbereichsübergreifend der Fall sein. Nur so kann sichergestellt werden, dass alle Beteiligten auf der gleichen Datenbasis arbeiten.

5.6 Fachkonzept der Logistikplanung vor SOP: Leistungssicht

Leistungen stellen das Ergebnis von Prozessen dar und veranlassen letztendlich deren Ausführung. Scheer setzt den Begriff „Leistung“ mit dem Begriff „Produkt“ gleich. Unter einem *Produkt* wird eine Leistung oder eine Gruppe von Leistungen verstanden, die von einer Stelle außerhalb des jeweils betrachteten Fachbereichs benötigt wird.[20] Die Leistungen werden mit den zu ihrer Erstellung notwendigen Kosten bewertet. In dem speziellen Fall der Logistikplanung ist damit allerdings nicht die Bewertung der Planungsleistungen mit den Kosten für die Erstellung gemeint. Vielmehr geht es darum, bei der Logistikplanung einen Blick in die Zukunft zu werfen und die Kosten und Ressourcenverbräuche der Logistikleistungen des zu erstellenden Logistiksystems zu prognostizieren.

Die Hauptaufgabe der Logistik kann als die Erstellung eines *Logistikkonzepts* subsummiert werden.[21] Anforderungen an ein Logistikkonzept sind, dass es eindeutig und verständlich formuliert und visualisiert wird. Die Ziele und Vorgaben sollen von der Planungsphase bis zur tatsächlichen Durchführung der Prozesse überprüfbar sein. Natürlich sollte der Rahmen der vorgegebenen Kosten für das Logistikkonzept eingehalten werden. Außerdem muss das Logistikkonzept flexibel genug sein, um auch während des gesamten Lebenszyklus eines Fahrzeugs immer wieder auftretende Änderungen integrieren zu können.[22]

Zunächst wird in der Konzeptplanungsphase der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ (vgl. Abbildung 3.1) ein *grobes Logistikkonzept* entworfen. Dies dient den Logistikplanern zur Erstellung des fein ausgeplanten Logistikkonzepts als Vorgabe und Planungsleit-

[20] vgl. Scheer (2001), S. 93-94
[21] vgl. Straube (2004), S. 29
[22] vgl. Ehrmann (2003), S. 29-32

linie .In Form von Regeln und Strategievorgaben werden den Planern „Leitplanken“ und „Entscheidungshilfen“ für die weitere Feinplanung vorgegeben. Es wird festgelegt, welche Verpackungs- und Anlieferkonzepte verwendet werden sollen. Außerdem wird auf einer sehr groben und hochaggregierten Ebene festgelegt, welche Flächen, Hallen und Fahrwege für ein neues Fahrzeugmodell vorgesehen sind. Abbildung 5.16 stellt die Zusammenhänge der einzelnen Leistungen der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ dar.

5.6.1 Grobes Logistikkonzept auf der Strategieebene

Das eher auf einer strategischen Ebene vorzugebende *grobe Logistikkonzept* soll hier nicht detailliert beschrieben werden, da es die Gestaltungs- und Auswahlentscheidungen der Logistikplaner in Form von Sach- und Formalzielen beeinflusst. Dies kann ohnehin nicht automatisiert werden und ist nicht Gegenstand der Entwicklung des Planungswerkzeugs. Die überblicksartige Darstellung soll aber nochmals das bereits mehrfach erwähnte Vernetzungsproblem und die Interdependenz logistischer Entscheidungen verdeutlichen.

Es ist auch Teil der Aufgaben der Logistikplanungsabteilungen, allgemeine Konzepte zu Verpackungen, der Gestaltung von Logistikprozessen, Lager- und Steuerungsstrategien zu erstellen (vgl. in Abbildung 5.16 „Ebene der Konzeptplanung“) und aktuelle Informationen beispielsweise durch Firmenbesichtigungen, Messebesuche und Fachliteratur zu sammeln, um bei der Gestaltung eines Logistiksystems über ein möglichst breites Repertoire an logistischen Ideen, Werkzeugen und Methoden zu verfügen.

Im Rahmen des groben Logistikkonzepts muss festgelegt werden, welche *Verpackungskonzepte* für die logistische Realisierung eines Fahrzeugmodells bevorzugt gewählt werden. Die vorgegebene Zielhierarchie steuert die Auswahl des Verpackungskonzepts. Erfolgt eine Optimierung der Logistikprozesse von „innen nach außen“, steht also die möglichst optimale Materialbereitstellung für den Fertigungsmitarbeiter an der Montagelinie im Vordergrund, wird die Entscheidung tendenziell auf einen *Kleinladungsträger* fallen. Stehen dagegen alleine die Logistikkosten wie Handling, Fracht- und Lagerkosten im Fokus, wird die Wahl der Verpackung eher zu *Großladungsträgern* mit möglichst hohem Inhalt tendieren.

Sollen eher *Spezial-* oder *Standardbehälter* verwendet werden? Wird in der Fertigungsplanung eine Strategie zur automatisierten Entnahme aus Behältern verfolgt, lässt sich daraus für die Logistik ein Trend zu Spezialbehältern ableiten. Dies gilt ebenso, wenn verstärkt behälterbedingte Qualitätsprobleme im Serienbetrieb beobachtet werden. Weitere Einflussfaktoren bilden Erfahrungen und allgemeine Trends in der Behältertechnologie.

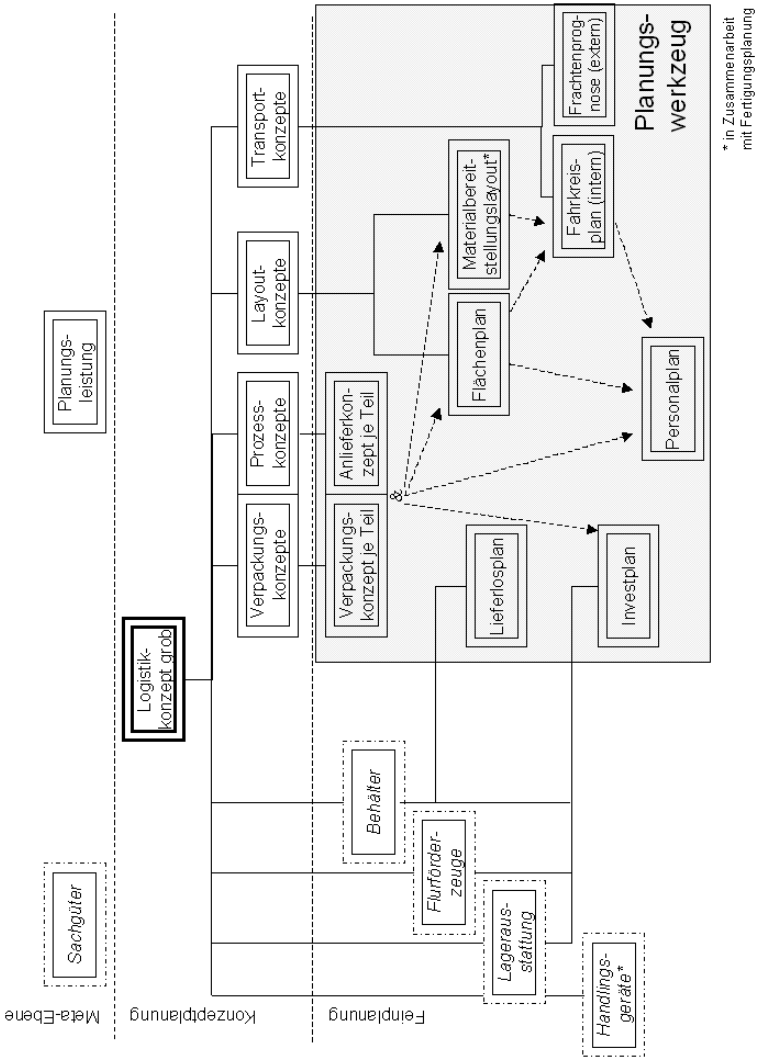

Abbildung 5.16: Leistungsmodell der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

Werden lange haltbare, stabile und kostenintensive *Stahlbehälter* bevorzugt oder günstige, schnell austauschbare *Kunststoffbehälter*, die aber nach wenigen Jahren altersbedingt ersetzt werden müssen?

Auch der Aufbau der *Prozesskonzepte* und die spätere Auswahl der verfügbaren Logistikprozesse wird durch eine ganze Reihe von Faktoren maßgeblich beeinflusst. Besonders wichtig ist hier für die Logistik die Produktion. Der Bezugspunkt der Logistikplanung ist die Montagelinie (vgl. Kapitel 4.5). Entscheidendes Kriterium für den Aufbau der Prozessketten und die Bestimmung der Puffergrößen und Bestände ist die *Stabilität der Produktionsprozesse* und eine *nivellierte Produktion*.[23] Für die Auswahl von Teileumfängen für eine Just-in-Time Anlieferung ist neben der Entfernung des Lieferanten auch entscheidend, wie lange die *„Frozen Period“* ist, also wie viele Tage vor Produktionsstart die Fahrzeugreihenfolge nicht mehr geändert wird. Es muss festgelegt werden, welche *Steuerungsstrategien* verwendet werden sollen (KANBAN, ANDON etc.). Bei welchen Umfängen kann das *Pull-Prinzip* zum Einsatz kommen, welche müssen durch ein *Push-Prinzip* abgerufen werden, etwa weil eine Losgrößenfertigung in einer vorgelagerten Produktionsstufe stattfinden muss.

Durch die *Layoutkonzepte* wird ein Rahmen für die Gestaltung von Lagerhallen und Sequenzierzonen vorgegeben. Beispielsweise beeinflusst die vorgegebene Nutzung eines Hochregallagers sowohl das Verpackungskonzept als auch das Anlieferkonzept. Zur Gestaltung von Sequenzierzonen wird beispielsweise eine U-Form empfohlen, um die Sequenzierprozesse optimal zu gestalten.

Transportkonzepte können für interne und externe Transporte festgelegt werden. Bei der *internen* Transportgestaltung ist vorzugeben, ob die Versorgung der Montagelinien mit Gabelstaplern oder staplerlos erfolgen soll. Strategische Entscheidungen sind auch, in welchem Umfang automatisierte Fördersysteme wie FTS (fahrerlose Transportsysteme) zum Einsatz kommen sollen und ob diese konsequent als Low-Cost-Lösungen umgesetzt werden. Daneben ist entscheidend, ob die internen Fahrkreise als „Taxi-“ oder „Bussystem“ funktionieren.

Bei der Gestaltung der *externen* Transporte ist festzulegen, ob die Abholung auf Basis eines „Gebietsspediteurwesens“ organisiert werden soll, ob eine Strategie wie „Cross Docking“ zum Einsatz kommt und wann beispielsweise ein Rundläufer, also eine Direktbeziehung zwischen Lieferant und Werk, eingerichtet wird.

Gewisse im Vorigen dargestellte Entscheidungen müssen im Vorfeld fahrzeugprojekt- oder sogar werksweit getroffen werden und bilden für den Logistikplaner bei der weiteren

[23] vgl. Ohno (1993), S. 39-40 und Liker/Meier (2006), S. 56ff.

Arbeit eine Planungsprämisse. Weiterhin wird auf diese Weise ein Set von Regelwerken, Methoden und vorgefertigten Planungsbausteinen geschaffen, die den Logistikplaner bei der Gestaltung der Abläufe für ein konkretes Bauteil in der Feinplanungsphase der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ unterstützen und aus denen er sich bedienen kann.

5.6.2 Feines Logistikkonzept auf der Ausprägungsebene

Die Logistik allgemein erbringt eine Dienstleistung zu deren Durchführung bestimmte *Sachgüter* wie Flurförderzeuge oder Behälter notwendig sind.

„Eine Dienstleistung ist jede einem anderen angebotene Tätigkeit oder Leistung, die im wesentlichen immaterieller Natur ist und keine direkten Besitz- oder Eigentumsveränderungen mit sich bringt. Die Leistungserbringung kann - muß jedoch nicht - mit einem Sachgut verbunden sein.“[24]

Wie bereits aus der Analyse der Aufgaben der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ in Kapitel 3.4 ersichtlich wird, übernimmt dieser Bereich zahlreiche Tätigkeiten für andere Abteilungen und nachgelagerte Planungsschritte, um die Erbringung der logistischen Dienstleistungen nach SOP durch die Serienlogistik zu ermöglichen.

Beschaffung der notwendigen Sachgüter

Von den Logistikplanungsabteilungen werden für die Serienlogistik verschiedene Sachgüter wie Betriebsmittel und Logistikeinrichtungen geplant, rechtzeitig beschafft und in einen betriebsbereiten Zustand versetzt (vgl. Abbildung 5.16).

Die *Behälter* müssen rechtzeitig unter Berücksichtigung ergonomischer Aspekte entwickelt, produziert und in den Behälterkreislauf eingesteuert werden. Die benötigten *Flurförderzeuge* sind zu bestellen und an die jeweiligen betreibenden Bereiche rechtzeitig zu übergeben. Gerade auch bei der Beschaffung von speziellen Transportwagen sind oftmals erhebliche Entwicklungsaufwände notwendig. Die *Lagerausstattung* z.B. Regale etc., ist zu beschaffen und der Aufbau muss rechtzeitig vorgenommen werden. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die betreffenden Flächen meist vorher noch geräumt und auch Aspekte wie Arbeitssicherheit, Brandschutz etc. berücksichtigt werden müssen. Die Einrichtung von EDV, die Anbindung an andere EDV-Systeme und die Schulung der Anwender kann unter Umständen mehrere Monate Vorlaufzeit benötigen. Auch die Planung, Beschaffung und Installation von *Handlingsgeräten* kann oftmals jahrelange Entwicklungszeiten erfordern. Eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen der Logistik- und der Fertigungsplanung

[24] Kotler/Bliemel (2001), S. 772

ist zur Abstimmung der Gestaltung des Behälters und des Entnahme- und nachfolgenden Fertigungsprozesses erforderlich.

Planungsleistungen der „taktischen Logistikplanung vor SOP“

Die von den Logistikplanungsabteilungen erbrachten Planungsleistungen können ebenfalls als Dienstleistungen betrachtet werden. Das auf Teileebene festgelegte *Verpackungs-* und *Anlieferungskonzept* bildet die zentrale Basis für die weiteren Planungsleistungen der Logistikplanung. Das Planungswerkzeug wird auf eine möglichst effiziente Planung des Verpackungs- und Anlieferkonzepts hin ausgerichtet. Dem Planer werden, dem Konzept des Planungsdesktops entsprechend, alle Informationen und Werkzeuge, die er für die Entscheidungsfindung benötigt, auf einer Maske angeboten.

Sowohl im eigenen Werk als auch beim Lieferanten hängt der Flächenbedarf in den Lagern und die Transportmenge pro LKW von diesen Informationen ab. Das Planungswerkzeug weist den Bedarf für geplante Fahrzeugmodelle für Lager-, Umschlags- und Sequenzierflächen aus und liefert somit die Grundlage zur Erstellung eines *Flächenplans*. Ziel ist, die Flächenbedarfe für jedes in einem Werk zu produzierende Fahrzeugmodell zu verschiedenen Zeitpunkten in Einklang zu bringen und die vorhandenen Flächen optimal zu nutzen.

Auch für die Fertigungsplanung stellen das Verpackungs- und Anlieferungskonzept (Behälter, Füllgrad, Anzahl Behälter an der Montagelinie etc.) für jedes Bauteil bereits in frühen Planungsphasen äußerst wichtige Informationen für die eigenen Planungen und das *Materialbereitstellungslayout* dar. Hierdurch wird der Platzbedarf an der Montagelinie, der Behälterdurchsatz und die Gestaltung des Arbeitsplatzes (Bestimmung der Laufwege, Positionierung der Behälter und Regale) maßgeblich beeinflusst.

Sind die Anliefer- und Verpackungskonzepte der Bauteile und die zu produzierenden Stückzahlen bekannt, können Behälterdurchsätze und erforderliche Transportkapazitäten errechnet werden. Für die interne Transportplanung können *Fahrkreispläne* erstellt werden, die die Routen, Fahrzeiten und die Anzahl einzusetzender Transportfahrzeuge beinhalten. Für die externe Transportplanung lassen sich Transportvolumina in m^3 errechnen. Dies bildet die Basis für die *Frachtprognose*. Entwicklungen können frühzeitig erkannt und potenzielle Umfänge für Rundläufer ermittelt werden.

Auf Basis der im vorigen genannten Planungsergebnisse können die Handlingszeitbedarfe ermittelt und die *Personalpläne* erstellt werden.

Eine weitere Dienstleistung für die Lieferanten und die operative Logistik stellt die Erstellung von *Lieferlosplänen* für Spezialbehälter in der Anlaufphase dar. Gerade bei Volumenmodellen mit hohen Produktionsstückzahlen werden von Spezialbehältern häufig mehrere tausend Stück beschafft. Diese werden mit steigender Tagesstückzahl der Produktion eines neuen Fahrzeugmodells benötigt. Die zeitgerechte Produktion der Behälter durch den Behälterlieferanten und die Einschleusung in den Behälterkreislauf zwischen Lieferant und OEM ist zu synchronisieren, um einerseits den Produktionshochlauf nicht zu gefährden und andererseits die Transport- und Lagerkosten für die noch nicht benötigten, aber bereits produzierten Spezialbehälter so gering wie möglich zu halten.

Des Weiteren ist es Aufgabe der Logistikplanung, *Investitionspläne* für die zu beschaffenden Sachgüter zu erstellen. Die Anzahl der zu beschaffenden Behälter und Flurförderzeuge ist zu bestimmen und zu verfolgen, ebenso die Lagerausstattung und für die logistische Abwicklung notwendige EDV. Die Investitionen stellen für die Projektleitung der Fahrzeugentwicklung und das Controlling wichtige Informationen dar, um die Wirtschaftlichkeit eines Modells vorab beurteilen zu können.

Somit wird im Laufe des Planungsprozesses ein fein ausgeplantes Logistikkonzept auf Teileebene erstellt. Dabei finden laufend Rückkopplungsschleifen zwischen der strategischen Konzeptebene und der teileorientierten Planung statt.

5.7 Zusammenfassende Beschreibung des Fachkonzepts

Das Fachkonzept wird aus Gründen der Reduzierung der Komplexität aus den verschiedenen Sichten des ARIS-Konzepts beschrieben.

Die Steuerungssicht (vgl. Kapitel 5.2) gibt den in Abbildung 4.10 als Übersichtsmodell skizzierten Soll-Planungsablauf für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ detailliert wieder. Dabei werden auch die dynamischen Aspekte des Planungsablaufes modelliert. Es wird erkennbar, welche Rolle welche Aufgabe zu bearbeiten hat, damit in dem Planungsprozess nachgelagerte Aufgaben erfüllt werden können bzw. welche Vorbedingungen für bestimmte Planungsaufgaben erfüllt sein müssen. Auch Rückkopplungsschleifen und im Rahmen eines Optimierungsprozesses wiederholt zu durchlaufende Teile der Prozesskette werden dargestellt.

Das Kapitel 5.3 (Funktionssicht) beinhaltet die detaillierte Darstellung der im Laufe des Planungsprozesses in dem Planungswerkzeug durchzuführenden Aufgaben und Tätigkei-

ten. Diese werden übergreifend zu den Aufgaben der Materialflussplanung und der Behälterplanung zusammengefasst.

Die Organisationssicht (vgl. Kapitel 5.4) gibt einen Überblick über die am Planungsprozess beteiligten Rollen und deren Aufgabengebiete. Das entwickelte Rollenmodell bildet in Kombination mit dem im jeweiligen Anwendungsbereich anzutreffenden Organisationsmodell die Basis für das Berechtigungskonzept (vgl. Kapitel 6.8.4).

Um ein Logistiksystem abbilden und die notwendigen Analysen und Auswertungen machen zu können, sind bestimmte Anforderungen durch das Datenmodell zu erfüllen. Spezielle Anforderungen stellen beispielsweise die Unterstützung des LogTeil-Konzepts, des Linked-Supply-Chain-Konzepts und der standortübergreifenden Planung. Diese werden im Kapitel 5.5 in Form eines ER-Modells visualisiert.

Aus der Leistungssicht wird schließlich erkennbar, welche Leistungen die Logistikplanungsabteilungen erbringen. Alle hierzu notwendigen, vorgelagerten Planungsleistungen werden durch das Planungswerkzeug unterstützt (vgl. Kapitel 5.6).

Aus den in diesem Kapitel erstellten Geschäftsprozessen können im Weiteren die „richtigen“ Anforderungen an ein Planungswerkzeug abgeleitet werden. Nur aus dem geschäftlichen Kontext wird erkennbar, was der Anwendungsbereich wirklich benötigt.

6 Anforderungen an ein Planungswerkzeug

Untersuchungen der Standish Group zeigen, dass Fehler und Mängel im Anforderungsmanagement der häufigste Grund für das Scheitern von Softwareprojekten sind.[1] Im Folgenden werden die Anforderungen, die an ein softwarebasiertes Planungswerkzeug für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ zu stellen sind, systematisch aus den in Anwendungsfälle überführten Geschäftsprozessen abgeleitet.

6.1 Methodische Grundlagen zur Erhebung und Analyse von Anforderungen an Anwendungssysteme

6.1.1 Grundlagen des Anforderungsmanagements

Anforderungen bilden eine wichtige Wissensquelle für ein Unternehmen und beschreiben am Deutlichsten die Intention und die Essenz eines Anwendungssystems. Anforderungen geben wichtige Hinweise für die Erschließung neuer Wissensquellen und beeinflussen damit die Personalauswahl und die Organisationsentwicklung.[2] Des Weiteren bilden die Anforderungen und das Geschäftsprozessmodell auf Basis der Prinzipien der Anwenderorientierung und der Strukturähnlichkeit die Grundlage für die Softwarearchitektur. Die *Softwarearchitektur* beschreibt die Struktur des Softwaresystems durch Systemkomponenten und ihre Beziehung untereinander.[3] Erst ein theoretisches Konzept ermöglicht die durchgängige fachliche Strukturierung der Planungssoftware und sollte auch auf die technische Architektur Einfluss nehmen.[4] Die Aufbauorganisation des Anwendungsbereichs hat beispielsweise massive Auswirkungen auf die Architektur des zu erstellenden Softwaresystems, da diese Zuständigkeiten und Arbeitsinhalte der Anwender widerspiegelt und somit die Schneidung der Systemkomponenten und das Rechtesystem beeinflusst.[5]

[1] vgl. Standish (1995); zitiert nach Schienmann (2002), S. 14
[2] vgl. Schienmann (2002), S. 25
[3] vgl. Balzert (2000), S. 686-696
[4] vgl. Forbrig/Kerner (2004), S. 65
[5] vgl. Forbrig/Kerner (2004), S. 48-50

Die Erhebung und Dokumentation von Anforderungen in frühen Phasen der Softwareentwicklung haben demzufolge herausragende Bedeutung. Unter einer *Anforderung* soll *„[...] eine Aussage über eine zu erfüllende Eigenschaft oder eine zu erbringende Leistung eines Produkts, eines Prozesses oder der am Prozess beteiligten Personen[.]“*[6] verstanden werden.

Anforderungsmanagement stellt einen systematischen Ansatz zur Erfassung, Analyse und Dokumentation von Anforderungen dar.[7] Das Anforderungsmanagement soll die aus den Aufgaben des Anwendungsbereichs resultierenden Anforderungen an das System spezifizieren.

6.1.2 Aufgaben des Anforderungsmanagements und eingesetzte Methoden

Folgende Aufgaben können im Rahmen des Anforderungsmanagements unterschieden werden:[8]

- In der *Anforderungsermittlung* werden Anforderungen, Wünsche und Empfehlungen erhoben.
- Diese werden in der *Anforderungsanalyse* konkretisiert und strukturiert.
- Die *Anforderungsverständigung* dient dazu, in mehreren Schleifen die Anforderungen abzustimmen und einen Konsens über zu realisierende Anforderungen zu erreichen.
- In der *Anforderungsdokumentation* werden die Anforderungen strukturiert aufgenommen und spezifiziert.
- Die Phase der *Anforderungsqualitätssicherung* dient der Validierung und der Verifikation der Anforderungen.

Ermittlung von Anforderungen

Um eine geeignete Softwarelösung erstellen zu können, muss zunächst das Problem des Anwendungsbereichs verstanden werden, um daraus resultierend Anforderungen ableiten

[6] Rupp (2001), S. 10
[7] vgl. Leffingwell/Widrig (1999), S. 16
[8] vgl. Schienmann (2002), S. 33-34. Ähnliche Aufgabenbeschreibungen finden sich auch bei anderen Autoren, beispielsweise bei Pohl. Dieser nennt als Aufgaben des Requirements Engineering: elicitation, negotiation, specification/documentation und validation/verification (vgl. Pohl (1996), S. 17-21).

zu können. Da nicht sämtliche betroffenen Personen am Entwicklungsprozess beteiligt werden können, müssen Repräsentanten ausgewählt werden. Die Ermittlung und Analyse der Anforderungen stellt einen gemeinsamen Lern- und Problemlösungsprozess dar. Die verbreitetsten Techniken zur Erhebung von Anforderungen sind Fragebögen, Interviews, Anforderungsworkshops, Prototyping, Beobachtung und Mitarbeit. Eine wichtige Quelle zur Ableitung von Anforderungen stellen auch Geschäftsprozesse dar, die für den Anwendungsbereich der Logistikplanung vor SOP in Kapitel 5 erarbeitet werden.[9] Das *Geschäftsprozessreferenzmodell* enthält die spezifischen Strukturen und Konzepte des Anwendungsbereichs. Dieser fachliche Kern ermöglicht, dass die wesentlichen Konzepte und Zusammenhänge im Anwendungsbereich erkannt werden. [10]

Tabelle 6.1 liefert einen Überblick über die zur Anforderungserhebung eingesetzten Methoden. Anhand des *Erhebungsziels* wird angegeben, ob sich eine Methode eher für die frühe Phase zur Sammlung von Informationen oder für die Verfeinerung und Qualitätssicherung der Anforderungen in späteren Phasen eignet. Die folgenden drei Spalten geben an, in wie weit die jeweiligen Methoden geeignet sind, um die spezifischen funktionalen Aspekte zu erheben.

Bewertungskriterium / Erhebungskriterium	Einsatz im Rahmen der Arbeit	Erhebungsziel	Daten/ Ressourcen	Tätigkeiten/ Rollen	Prozesse/ Zeiten
Fachliteraturstudium	ja	S	++	+	=?
Protokollanalysen	nein	V, K	+	++	++
Fragebogen	ja	S	+	=?	=?
Strukturiertes Interview	ja	S,V	+	+	+
Anforderungsworkshop	ja	S,V	=?	++	+
Kartentechnik	nein	S,V,K	–	++	+
Kreativitätstechniken	ja	S,V,K	=?	++	+
Direkte Beobachtung	ja	V, K	=?	+	++
Indirekte Beobachtung	ja	V, K	–	+	++
Multimomentstudien	nein	V, K	#	#	+
Selbstaufschreibung	nein	V, K	#	#	+
Mitarbeit	ja	S,V,K	=?	++	++

Ziel:
S: Sammlung
V: Verfeinerung
K: Kontrolle

Eignung:
++: Sehr gut
+: Gut
=?: Bedingt
--: Schlecht
#: bekannt

Tabelle 6.1: Bewertung der eingesetzten Erhebungstechniken (in Anlehnung an Schienmann (2004), S. 198)

Häufig wissen die Anwender nur sehr vage, was sie benötigen oder haben kaum eine Vorstellung davon, wie ein künftiges Anwendungssystem aussehen könnte. Oftmals können auch die Wünsche und Vorstellungen nicht adäquat ausgedrückt werden. Daher wurden bei der Anforderungsermittlung mehrere Erhebungstechniken genutzt und miteinander kombiniert. Zahlreiche Interviews wurden im Rahmen der Delphi-Studie durchgeführt,

[9] vgl. Schienmann (2002), S. 34-36
[10] vgl. Forbrig/Kerner (2004), S. 64-65

die in Kapitel 3.5 beschrieben wird. Auch vom Instrument der Anforderungsworkshops wurde mehrmals zu verschiedenen Themen und Teilbereichen Gebrauch gemacht. Hier besteht vor allem die Möglichkeit, mehrere Anwender aus unterschiedlichen Benutzerklassen und Rollen zusammenzuführen. Eine wichtige Basis für die Ermittlung der Anforderungen und die Erstellung des Geschäftsprozessmodells der taktischen Logistikplanung vor SOP stellen die Methoden der direkten und indirekten Beobachtung und der Mitarbeit dar. Dadurch konnten die Schwierigkeiten durch die oft nur vagen Vorstellungen der Anwender von dem künftigen Planungswerkzeug und den dort enthaltenen Planungsabläufen gemindert werden. Dem Anforderungsanalytiker obliegt, das eigentliche Problem und die daraus folgenden Anforderungen erst zu rekonstruieren. Dies ist eine der anspruchvollsten Tätigkeiten in der Softwareentwicklung.[11]

Als Ergebnis der Anforderungsermittlung sollten verständlich formulierte und nachvollziehbare Anforderungen vorliegen.

Analyse von Anforderungen

Der Zweck der Analyse von Anforderungen ist die inhaltliche und formale Strukturierung der Anforderungen und die Konsolidierung. Es müssen beispielsweise Abhängigkeiten zwischen den Anforderungen aufgedeckt werden. Für diese Aufgabe stehen verschiedene Techniken zur Auswahl, beispielsweise Problem Frames, CRC-Karten, Begriffs- und Bedeutungsanalysen. Im Rahmen dieser Arbeit werden *Anwendungsfallanalysen* eingesetzt, da sich diese in der Praxis am meisten bewährt haben und aus den Geschäftsprozessmodellen abgeleitet werden können. Die Anwendungsfallanalyse zeigt welche Dienste das System den Akteuren außerhalb des Systems zur Verfügung stellen muss. Bei der Modellierung der Anwendungsfälle können Anforderungen aufgedeckt werden.[12] Ein Anwendungsfall beschreibt die Beziehungen zwischen einem Geschäftsvorfall in einem System und den Akteuren und gibt auf einem hohen Abstraktionsniveau einen guten Überblick über das System und seine Schnittstellen zur Umgebung.[13]

Verständigung und Dokumentation von Anforderungen

Die spezifizierten Anforderungen müssen in einer verständlichen Form dokumentiert werden und Abhängigkeiten zwischen einzelnen Anforderungen sollten erkennbar sein. Auf

[11] vgl. Balzert (2005), S. 9
[12] vgl. Schienmann (2002), S. 37-39
[13] vgl. Balzert (2000), S. 145

der Ebene eines Lastenheftes ist zur Dokumentation eine natürlichsprachliche Beschreibung ausreichend. Die Übersichtlichkeit wird durch eine Zusammenfassung der einzelnen Anforderungen in Form einer Tabelle gewährleistet. Ein Anwendungsfall-modell bietet eine Übersicht über die Anwendungsfälle.[14] Bei der Erhebung von Anforderungen müssen noch im Rahmen der Verständigung eventuelle Konflikte zwischen den Anforderungsstellern aufgelöst werden. Dies wird beispielsweise durch die Priorisierung von Anforderungen erreicht.[15]

Qualitätssicherung von Anforderungen

Zur Qualitätssicherung müssen die erhobenen Anforderungen verifiziert und validiert werden. Das bedeutet, es ist sicherzustellen, dass die Anforderungen richtig spezifiziert werden und dass die richtigen Anforderungen aufgenommen wurden.[16] Dies wurde im Rahmen der Arbeit vor allem durch Reviews der Spezifikation mit ausgewählten Anwendern und durch Prototyping erreicht. Das Prototyping stellt hierbei einen nicht zu unterschätzenden Faktor dar.

Unter einem *Prototypen* wird kein fertiges Programm verstanden. Das Spektrum reicht von funktionslosen Benutzeroberflächen, die häufig auch nur mit Papier und Bleistift erstellt werden, bis zu funktionsreduzierten Versionen der finalen Software. Der Zweck eines Prototypen ist, das Aussehen der Benutzeroberfläche und die Dialogabfolge, das „Look and Feel“ des fertigen Systems, zu veranschaulichen. Der Anwender bekommt eine Vorstellung von der geplanten Software und kann auf dieser Basis seine Anforderungen genauer beschreiben. Weiterhin wird durch funktionsreduzierte Prototypen das Prinzip der noch zu entwickelnden Software dem Fachanwender auf greifbare Weise vermittelt.[17] Eventuelle Fehler können in dieser Entwicklungsphase noch behoben werden.

6.1.3 Arten von Anforderungen

Ein weitverbreiteter Standard für die Dokumentation von Anforderungen ist IEEE830.[18] Hierin werden nach den geforderten Eigenschaften des Produkts vier Arten von Anforderungen unterschieden:[19]

[14] vgl. Schienmann (2002), S. 142-144
[15] vgl. Schienmann (2002), S. 41
[16] vgl. Schienmann (2002), S. 44-45
[17] vgl. Scharbert (2005), S. 163-167
[18] vgl. IEEE (1998)
[19] vgl. Schienmann (2002), S. 50

- *Funktionale Anforderungen* beinhalten Aussagen darüber, was ein System leisten soll und welche Daten, Dienste und Abläufe unterstützt werden sollen.
- *Nicht-funktionale Anforderungen* geben an, in welcher Qualität die Leistungen bereitgestellt werden sollen (Performance, Ausfallsicherheit etc.)
- *Rahmenbedingungen* geben an, ob die Software organisatorischen oder rechtlichen Einschränkungen genügen muss.
- *Entwicklungs- und Produktanforderungen* beinhalten spezielle Anforderungen an die Entwicklung und an das Produkt, beispielsweise in Bezug auf die Wartung.

Während der Ermittlung der Anforderungen ist auch auf *inverse* Anforderungen zu achten, also Eigenschaften die das Anwendungssystem explizit *nicht* haben soll.

6.1.4 Strukturierung von Anforderungen

Die Vielzahl der erhobenen Anforderungen muss strukturiert dargestellt werden. Hierzu bieten sich verschiedene Möglichkeiten an, wobei sich diese auch miteinander kombinieren lassen. Eine Strukturierung kann erfolgen anhand von:

- Anwendungsfällen
- Kernentitäten eines konzeptionellen Datenmodells
- Geschäftsprozessen
- Benutzerklassen
- Problem Frames[20]

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Anforderungen vorwiegend auf Basis der *Anwendungsfälle* abgeleitet und strukturiert. Diese Vorgehensweise ist besonders geeignet für kommerzielle Informationssysteme mit unterschiedlichen Benutzergruppen und abgrenzbaren Funktionaliäten mittlerer Komplexität. Als weiteres Strukturierungskriterium werden die in Kapitel 5 entwickelten *Geschäftsprozesse* genutzt. Problematisch ist allerdings, dass die IT-Anforderungen häufig quer zu den Geschäftsprozessen liegen. Somit ist eine überschneidungsfreie Darstellung der Anforderungen nicht unbedingt möglich.[21] Abbildung 6.1 zeigt das Beziehungsgeflecht zwischen Anwendungsfällen und Anforderungen.

[20] vgl. Schienmann (2002), S. 163
[21] vgl. Schienmann (2002), S. 162-169

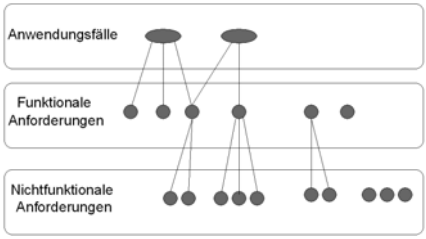

Abbildung 6.1: Beziehungsgeflecht zwischen Anwendungsfällen und Anforderungen (Schienmann (2002), S. 164)

Von einer Strukturierung nach den Kernentitäten des Datenmodells wird hier abgesehen, da diese Vorgehensweise hauptsächlich für Anwendungssysteme mit vielschichtigen Informationsstrukturen und einfachen funktionalen Zusammenhängen wie Reporting- oder Managementinformationssystemen geeignet ist. Auch die Strukturierung nach Anwendungsbausteinen erscheint weniger geeignet, da eine Entwicklung von Komponenten nicht Ziel dieser Arbeit ist. Die Strukturierung nach Benutzerklassen als Untergliederungskriterium kommt durchaus in Betracht. Problem Frames werden in dieser Arbeit nicht eingesetzt und bilden daher auch kein relevantes Gliederungskriterium für die Anforderungen.[22]

6.1.5 Aufbau von Anwendungsfällen

Ein Anwendungsfall (häufig auch als Use-Case bezeichnet) ist eine *„[...] Sequenz von zusammengehörenden Transaktionen, die von einem Akteur im Dialog mit einem System ausgeführt werden, um für den Akteur ein Ergebnis von meßbarem Wert zu erstellen.“*[23]

Ein Anwendungsfall spezifiziert die Interaktion zwischen einem *Akteur* und dem System. Ein *Akteur* ist eine Rolle, die ein Benutzer einnimmt. Dies kann eine Person, eine Organisationseinheit oder ein externes System sein. Akteure befinden sich stets außerhalb des Systems.

Eine *Transaktion* ist eine Menge von Verarbeitungsschritten, die entweder vollständig oder gar nicht ausgeführt werden. *Messbarer Wert* bedeutet, dass die durchgeführte Aktion des Akteurs einen sichtbaren, quantifizierbaren oder qualifizierbaren Einfluss auf die Systemumgebung hat.[24]

[22] vgl. Rupp (2001), S. 250-251 und Schienmann (2002), S. 165-169
[23] Balzert (2005), S. 62
[24] vgl. Balzert (2005), S. 62-63

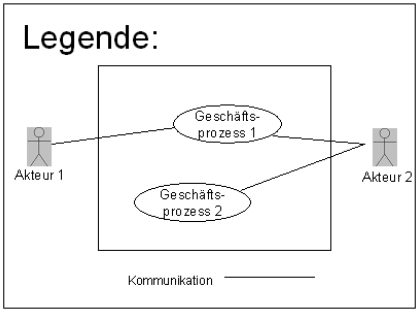

Abbildung 6.2: Legende

Durch *Geschäftsprozesse* können sowohl die Funktionalitäten eines Produkts (Geschäftsprozesse im Kleinen) als auch die Ablauforganisation eines Unternehmens (Geschäftsprozesse im Großen) beschrieben werden. Auf der Unternehmensebene handelt es sich bei einem Geschäftsprozess um einen Unternehmensprozess, der aus verschiedenen unternehmensinternen Aktivitäten besteht. Auf der Ebene eines Softwaresystems definiert ein Geschäftsprozess einen *Arbeitsablauf*, der mit dieser Software durchgeführt wird.

Alle im Folgenden verwendeten Notationen werden in der Legende in Abbildung 6.2 dargestellt.

Das *Ergebnis der Anwendungsfallmodellierung* ist eine Menge von Anwendungsfällen und ein Anwendungsfallmodell, in dem alle Anwendungsfälle zusammen die Benutzung des Systems dokumentieren.

Der *Nutzen von Anwendungsfällen* ist, dass die Anforderungen an ein Anwendungssystem aus Anwendersicht dargestellt und die Systemgrenzen zur Außenwelt systematisch aufgezeigt werden.[25]

Folgende Schritte sind bei der Erstellung von Anwendungsfällen notwendig:[26]

- Identifizierung der Akteure
- Identifizierung der Anwendungsfälle
- Kurzbeschreibung der Akteure und Anwendungsfälle
- Erstellung eines Anwendungsfallmodells (Gesamtsicht)

[25] vgl. Schienmann (2002), S. 223
[26] vgl. Schienmann (2002), S. 224

- (Detaillierte Spezifikation der Anwendungsfälle)[27]

Im Rahmen dieser Arbeit werden die Anwendungsfälle nicht neu erstellt, sondern auf Basis bestimmter Regeln und Heuristiken aus den Geschäftsprozessen abgeleitet. Das hierzu angewandte Regelwerk befindet sich im Anhang in der Tabelle 7.0. Die Aktivitäten und Teilprozesse aus den EPKs werden zu Anwendungsfällen. Die Akteure können aus den Rollen und externen Systemen abgeleitet werden. Dies ist in Abbildung 6.3 beispielhaft dargestellt.[28]

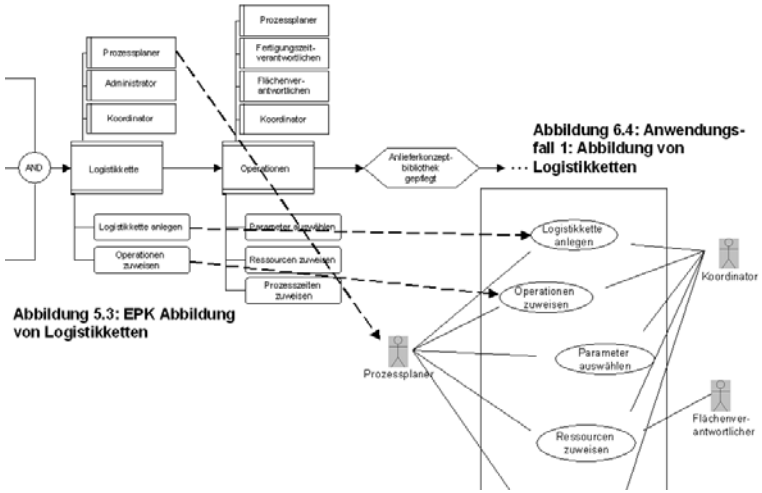

Abbildung 6.3: Ableitung von Anwendungsfällen aus ARIS-Prozessen (in Anlehnung an Schienmann (2002), S. 339)

Auf Basis der Anwendungsfälle können die funktionalen und nicht-funktionalen Anforderungen an das Anwendungssystem erfasst und geordnet werden. In Abbildung 6.1 wird dies verdeutlicht. Es werden mehrere funktionale Anforderungen mit zugeordneten Anwendungsfällen und nicht-funktionalen Anforderungen gezeigt. Es sind aber auch eine funktionale Anforderung ohne zugeordneten Anwendungsfall und drei globale nicht-funktionale Anforderungen zu erkennen.

Titel	Abbildung von Logistikketten
Akteur	Prozessplaner u.a.
Vorbedingungen	Die Bibliotheken der Flächen, Prozesszeiten und Flurförderzeuge sind gepflegt.
Standard-szenario	• Es werden Logistikketten angelegt. • Es werden Operationen zugewiesen. • Für die Operationen werden die Parameter ausgewählt. • Den Operationen werden Ressourcen zugewiesen. • Den Operationen werden Prozesszeiten zugewiesen.
Nach-bedingungen	Die Anlieferkonzeptbibliothek ist gepflegt.

Abbildung 6.4: Anwendungsfall 1: Abbildung von Logistikketten

6.2 Anwendungsfall 1: Abbildung von Logistikketten

Die Abbildung 6.4 zeigt den Anwendungsfall „Abbildung von Logistikketten“. Im Folgenden werden hieraus die Anforderungen an ein Planungswerkzeug abgeleitet, die in Tabelle 6.2 nochmals zusammengefasst werden.

Das Planungswerkzeug soll die Abbildung und Visualisierung von logistischen Prozessketten ermöglichen (#1). Die Prozessketten müssen aus einer Abfolge von Teilprozessen oder Operationen zusammengesetzt werden können (#1.1). Für jede Operation werden Parameter vorgegeben, beispielsweise die Anzahl der Schichten auf einer Fläche oder ob es sich um ein Regal- oder Blocklager handelt. Den einzelnen Operationen werden Ressourcen wie Flächen und Flurförderzeuge zugeordnet (#1.3). Des Weiteren wird der Ablauf jeder einzelnen Operation in Form von Zeitbausteinen detailliert beschrieben (#1.4). Die so erstellten Anlieferkonzepte werden vollständig parametrisiert in einer Bibliothek abgelegt (siehe Abbildung 6.5).

Um Planungsänderungen schnell und zentral durchführen zu können, sind weitere Anforderungen an die Zuweisung der Logistikketten zu den LogTeilen zu stellen. Dies ist zur Reduzierung des Pflegeaufwandes und damit zur Einsetzbarkeit des Planungswerkzeuges in der Praxis von höchster Bedeutung. Bereits in Kapitel 5.5.3 wird dies unter dem Schlagwort „Linked-Supply-Chain-Konzept“ diskutiert. Es muss möglich sein, in dem

[27] Der hohe Detaillierungsgrad einer Spezifikation ist für das Lastenheft noch nicht erforderlich, sondern Teil des Pflichtenhefts. Daher ist der letzte Aufgabenschritt nicht Teil dieser Arbeit.

[28] in Anlehnung an Schienmann (2002), S. 339-341

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#1	Abbildung von Logistikprozessen	Modellierung und Visualisierung der Prozesse	funktional	1
#1.1	Abbildung von Teilprozessen	Logistikprozesse sollen aus Teilprozessen zusammengesetzt werden können.	funktional	1
#1.2	Parametrisierung von Teilprozessen	Jeder Teilprozess muss parametrisiert werden können.	funktional	1
#1.3	Zuweisung von Ressourcen	Jedem Teilprozess müssen Ressourcen zugewiesen werden können, die zur Durchführung des Teilprozesses notwendig sind.	funktional	1
#1.4	Zuweisung von Prozesszeiten	Es muss eine detaillierte Beschreibung jedes Teilprozesses auf Basis von Zeitbausteinen möglich sein.	funktional	1
#2	Linked-Supply-Chain-Konzept	Zwischen einem LogTeil und einer Logistikette müssen sowohl 1:1 als auch 1:m Beziehungen möglich sein.	funktional	1
#3	Zentralisierung der Abbildung	Die Erstellung von Logistikprozessen soll zentral vorgenommen werden können.	funktional	1
#3.1	Steigerung Plausibilität	Das Planungswerkzeug soll dabei helfen, die Nachvollziehbarkeit und die Plausibilität der Planungsergebnisse zu steigern.	funktional	1
#3.2	Wiederverwendung von Planungsbausteinen	Durch die Wiederverwendung vordefinierter Planungsbausteine soll Planungsaufwand eingespart werden.	funktional	1
#3.3	Einheitliche Planungsmethodik	Es soll eine einheitliche Planungsmethodik unterstützt werden.	funktional	1
#3.4	Durchsetzung zentraler Planungsstrategien	Zentral vorgegebene Planungsstrategien sollen durch den Multiplikatoreffekt einer Software durchgesetzt werden.	funktional	1

Tabelle 6.2: Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 1

Planungswerkzeug zwischen einem LogTeil und einer Logistikkette, sowohl eine 1:1 als auch eine 1:m Beziehung herzustellen.[29] Durch eine 1:1 Beziehung kann ein Logistikprozess abgebildet werden, der speziell nur für dieses eine LogTeil gilt. Durch eine 1:m Beziehung können Standardlogistikprozesse zentral in einer Bibliothek abgelegt und mit mehreren LogTeilen verknüpft werden (#2).

Dieses Vorgehen bietet mehrere Vorteile:

- Reduzierung der Datenmenge
- Erhöhung der Performance
- Standardisierung der Planung
- Vereinfachung von Planungsänderungen
- Reduzierung des Pflegeaufwands

Somit wird ein Teil der planerischen Aufgaben, nämlich die Festlegung der möglichen logistischen Prozesse im Planungsprozess, im Planungsprozess nach vorne verlagert und zentralisiert (#3). Den Planern stehen nur bestimmte Abläufe in Form von vordefinierten Prozessen und Prozessbausteinen zur Verfügung. Somit lässt sich die Nachvollziehbarkeit und die Plausibilität des Planungsergebnisses steigern (#3.1), obwohl die Planung durch verschiedene Planer und Teams an verschiedenen Standorten erfolgt. Des Weiteren spart die Wiederverwendung vordefinierter Planungsbausteine (#3.2) viel Arbeitsaufwand für

[29] vgl. Ferstl/Sinz (1998), S. 127-129

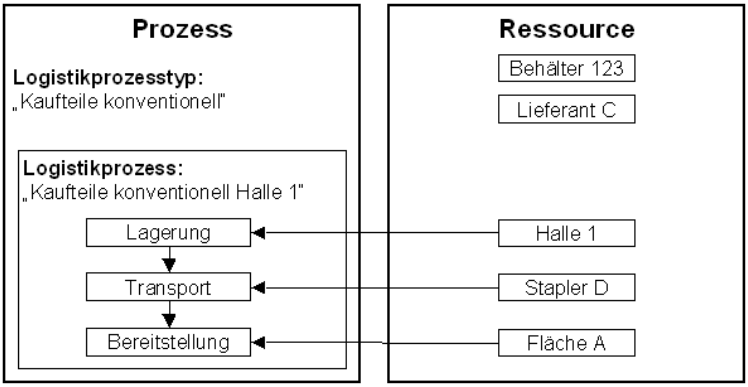

Abbildung 6.5: Ablage vordefinierter Logistikprozessketten in einer zentralen Bibliothek

den Planer. Dadurch unterstützt das Planungswerkzeug bei der Durchsetzung zentraler Planungsstrategien und einer einheitlichen Planungsmethodik (#3.3 und #3.4).

6.3 Anwendungsfall 2: Produktdatenversorgung

Titel	Produktdatenversorgung
Akteur	Prozessplaner
Vorbedingung	Stückliste enthält neue Daten
Standardszenario	Der Prozessplaner führt einen Stücklistenabgleich durch.

Erweiterungen	• Es ist bereits ein Bauteil vorhanden.
	  • Das neue Bauteil kann zugeordnet werden.
	• Es ist kein Bauteil vorhanden.
	  • Es wird ein neues Bauteil angelegt.
	  • Das neue Bauteil kann zugeordnet werden.

Nach-bedingungen	Alle Stücklistenteile sind zugeordnet.

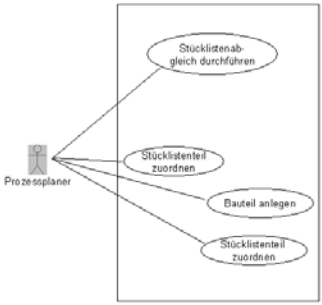

Abbildung 6.6: Anwendungsfall 2: Produktdatenversorgung

Anforde-rung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforde-rungstyp	Anwen-dungsfall
#4	Integration heterogener Systeme	Die Planungssoftware muss sicherstellen, dass die benötigten Daten aus den verschiedenen Systemen leicht zugänglich sind.	funktional	2
#4.1	Layout	Es müssen Daten zu Layouts (Flächenlayouts, Materialbereitstellungslayouts, Werkslayouts, etc.) durch das Planungswerkzeug bereitgestellt werden.	funktional	2
#4.2	Layout bearbeitbar	Die Layouts müssen bearbeitet und exportiert werden können.	funktional	2
#4.3	Stücklisten	Stücklisten müssen regelmäßig eingelesen und aktualisiert werden können.	funktional	2
#4.4	Teilegeometrien	Die zu den Bauteilen gehörenden Teilegeometrien müssen angezeigt werden.	funktional	2
#4.5	Teilegeometrien Ladezeiten	Kurze Ladezeiten für Teilegeometrien müssen erreicht werden (< 5 Sekunden).	nicht-funktional	2
#4.6	Behälterstammdaten	Es müssen Behälterstammdaten verfügbar sein.	funktional	2
#4.7	Behälterzuordnung	Die Verpackungsdaten für Vorgänger oder Referenzfahrzeuge müssen verfügbar sein.	funktional	2
#4.8	Behälterzuordnung änderbar	Geänderte Verpackungsanweisungen müssen exportiert werden können.	funktional	2
#4.9	Ist-Kosten	Die Ist-Kosten, beispielsweise für Frachten und sonstige Beschaffungsnebenkosten, müssen verfügbar sein.	funktional	2
#4.10	Lieferantendaten	Es müssen Stammdaten zu Lieferanten vorhanden sein.	funktional	2
#4.11	Fertigungsplanungs-daten	Die Planungsergebnisse der Fertigungsplanung müssen regelmäßig geladen werden.	funktional	2
#4.12	Bereitstellung Logistikdaten	Die Planungsergebnisse der Logistik müssen der Fertigungsplanung regelmäßig zur Verfügung gestellt werden.	funktional	2
#4.13	Daten auslesen für Simulation	Die Logistikdaten müssen in eine Simulationsumgebung eingespielt werden können.	funktional	2
#4.14	Simulationsergebnisse einarbeiten	Die Simulationsergebnisse müssen eingearbeitet werden können.	funktional	2
#4.15	Automatisierung	Diese Daten sollten über weitgehend automatisierte Schnittstellen zur Verfügung gestellt werden.	nicht-funktional	2
#5	Stücklistenabgleich (Änderungs-management)	Es muss für den Planer ein Arbeitsvorrat mit seit dem letzten Stücklistenabgleich neu hinzugekommenen Bauteilen und relevanten Änderungen an Bauteilen erstellt werden.	funktional	2
6	LogTeil-Konzept	Es muss möglich sein, Plandaten unabhängig von Stücklistenteilen zu hinterlegen.	funktional	2
#6.1	Reduzierung des Planungsaufwands	Logistisch gleich behandelte Stücklistenteile müssen zu LogTeilen zusammengefasst und diese stellvertretend beplant werden können.	funktional	2
#6.2	Planung ohne Stückliste	Teilespezifische Planungen sollen bereits ohne vorhandene Stücklistenteile vorgenommen werden können.	funktional	2

Tabelle 6.3: Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 2

6.3.1 Datenbereitstellung über (teil-)automatisierte Schnittstellen

Wie aus der Beschreibung der Aufgaben der Logistikplanung in Kapitel 3.4 erkennbar wird, benötigt ein Logistikplaner sehr viele verschiedene Daten für seine Arbeit. Diese müssen von den Planern ohne softwaretechnische Unterstützung mit entsprechend hohem Aufwand und Fehlerpotenzial aus verschiedenen Quellen zusammengefasst werden (vgl. Kapitel 2.2).

Ein Planungswerkzeug sollte diese in Abbildung 6.7 zusammengefassten Daten aus heterogenen Systemen weitgehend automatisiert zur Verfügung stellen (#4). Es werden Daten zu Flächen, Flächenlayouts, Materialbereitstellungslayouts, Stücklistendaten, Teilegeometrien, Einbauraten, Daten zu Behältern, Handlingszeiten, Ablaufbeschreibungen, Preisinformationen, Frachtkosten und Lieferantendaten benötigt. Weitere wichtige Eingangsinformationen bilden die Planungsergebnisse der Fertigungsplanung (Bedarfsorte) und die Ergebnisse von Materialflusssimulationen, um die Planungsergebnisse zu opti-

mieren (vgl. #4.1 - #4.15).

Dies wird hier als *Planungsdesktop* bezeichnet. Der Planungsdesktop ist eine integrative Planungsumgebung, die die einzelnen Methoden und Werkzeuge in ein rollen- und aufgabenorientiertes Gesamtsystem überführt. Der Begriff *Desktop* soll verdeutlichen, dass dies eine integrierte, intuitiv verständliche Arbeitsumgebung sein soll, die dem Planer in *einem* System die jeweils zur Erfüllung der anstehenden Aufgabe notwendigen Arbeitsmittel (Werkzeuge und Methoden) und Arbeitsgegenstände (Daten) zur Verfügung stellt.

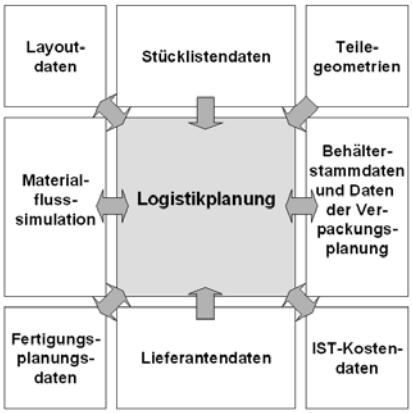

Abbildung 6.7: Notwendige Informationen für die Logistikplanung

6.3.2 Zusammenfassung planungsrelevanter Bauteile zu „LogTeilen“

Die Planungsarbeit des Logistikplaners beginnt im Planungswerkzeug mit einem Stücklistenabgleich. Die Stückliste enthält die Produkte, die von der Logistik bereitzustellen sind. Da die Stücklisten in frühen Planungsphasen jedoch häufig noch unvollständig sind, also noch neue Bauteile hinzukommen oder bereits bestehende Bauteile geändert werden, muss der Planer durch ein Änderungsmanagementmodul unterstützt werden. Dieses Modul stellt ihm nur die seit dem letzten Abgleich neu hinzugekommenen Bauteile und relevanten Änderungen in Form eines Arbeitsvorrates zur Verfügung (#5).

In einem weiteren Schritt werden *LogTeile* angelegt (#6). Zu einem LogTeil werden *alle logistisch gleich behandelten Bauteile zusammengefasst*. Nur dieses LogTeil wird vom

Titel	Teilebezogene Planung
Akteur	Prozessplaner
Vorbedingung	Die Planungsprämissen, Behälter- und Anlieferkonzeptbibliotheken sind gepflegt und die Stücklistenteile zugeordnet.
Standard-szenario	• Logistikberechnung ausführen • Abgleich mit den Ist-Daten vornehmen • Auswahl des Verpackungskonzeptes • Auswahl des Anlieferkonzeptes • Berechnung der Umlauftage pro Behälter • Prozesskosten ermitteln • Fahrzeugprojektweite Auswertungen durchführen
Erweiterungen	1. Auswertung der Flächenbedarfe 2. Auswertung der logistischen Fertigungs-Zeitenbedarfe 3. Auswertung der Flurförderzeuge-Bedarfe 4. Erstellung der Frachtprognose
Nach-bedingungen	Flächen-, Personal-, Fahrkreis- oder Frachtprognose sind erstellt.

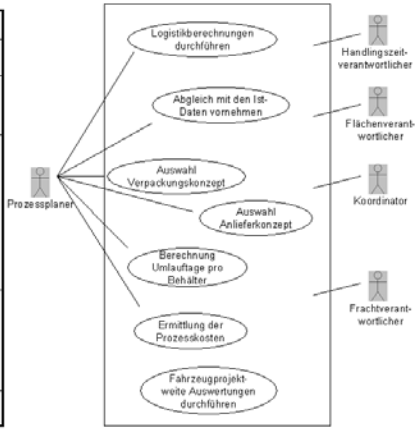

Abbildung 6.8: Anwendungsfall 3: teilebezogene Planung

Planer stellvertretend für mehrere Bauteile bearbeitet (#6.1). Dem LogTeil wird ein Behälter, ein Behälterinhalt und ein Logistikprozess zugeordnet (siehe Abbildung 5.5). Ein LogTeil soll ermöglichen, in frühen Planungsphasen bereits logistische Abläufe zu planen, ohne dass alle Bauteile bereits in der Stückliste vorhanden sein müssen (#6.2).

6.4 Anwendungsfall 3: teilebezogene Planung

6.4.1 Beschleunigung des Planungsprozesses

Eine weitere Anforderung an eine Softwareunterstützung der Logistikplanung ist, die Planungsprozesse zu beschleunigen und die Bewertung verschiedener Planungsalternativen in kürzerer Zeit zu ermöglichen (#7).[30]

Verbesserung der Datenverfügbarkeit

Erfahrungsgemäß nimmt die Suche nach den für eine Planungsaufgabe benötigten Daten einen großen Teil der zur Lösung der Gesamtaufgabe benötigten Zeit in Anspruch.

[30] vgl. Straube (2004), S. 261

Durch die bessere Verfügbarkeit der Planungsdaten soll eine Zeiteinsparung erreicht werden (#7.1).[31] Die Nutzung vorhandener Planungsdaten und die Verfügbarkeit von vorgefertigten Prozessbausteinen soll ebenfalls zur Verkürzung des Planungsprozesses beitragen.

Wiederverwendung von Planungsdaten

Bei der Bewertung verschiedener Alternativen und Szenarien soll ein Großteil der Planungsdaten wiederverwendet und mit wenig Arbeitsaufwand angepasst werden können (#7.2). Die Planung startet nicht mit jeder neu zu bewertenden Alternative wieder bei null.

Planungsstart mit Referenzdaten

Durch den Rückgriff auf die Planungsdaten von Vorgängermodellen oder Referenzfahrzeugen soll außerdem ermöglicht werden, mit dem Planungsprozess früher beginnen zu können (#7.3). Die Planung fängt mit diesen Daten bereits an, bevor aus der Entwicklungsabteilung Stücklistendaten in ausreichender Qualität zur Verfügung gestellt werden. Somit steht dem Planer mehr Zeit zur Verfügung, Planungsalternativen zu betrachten und insgesamt ein besseres Planungsergebnis erreichen zu können.

6.4.2 Automatisierung des Planungsprozesses

Mit dem Einsatz der Planungssoftware soll die Planung so weit wie möglich automatisiert werden. Dies betrifft hauptsächlich die Versorgung mit Grundinformationen für die Planung.

Durch die Funktion „Logistikberechnungen“ werden die zu einem LogTeil zusammengefassten Bauteilinformationen in der Stückliste ausgewertet. Es werden die „Anzahl Teile pro Fahrzeug“, die „Anzahl der technischen Varianten“, die „Anzahl der Farbvarianten“ und die „Einbauraten“ für die einzelnen Bauteile ermittelt und für das LogTeil aufsummiert (#8.1).

Weiterhin sollen durch das Planungswerkzeug an verschiedenen Stellen sinnvolle *Defaultwerte* gesetzt (#8.2) oder dem Planer als Vorschlag angeboten werden, um fehlende Planungsdaten und lückenhafte Auswertungen zu vermeiden. Soll beispielsweise ein Flächenbedarf berechnet werden und der Behälterplaner hat noch keinen Stapelfaktor für den

[31] vgl. Arnold/Dettmering/Engel/Karcher (2005), S. 20

entsprechenden Behälter in der Behälterbibliothek hinterlegt, dann geht der Flächenbedarf für alle LogTeile, die diesen Behälter nutzen, mit dem Ergebnis „0“ in die Auswertung ein. Es ist vorzuziehen, mit den Defaultwerten (automatisch gesetzt durch verschiedene Mechanismen oder aus dem Referenzfahrzeug übernommen) zu rechnen und nicht bis zur vollständigen Abarbeitung durch den Planer kein Ergebnis in den Auswertungen zu bekommen. Hieraus ergibt sich die weitere Anforderung, dass die Default- und Übernahmewerte erkannt werden müssen, um die Qualität der Daten und den Planungsfortschritt beurteilen zu können.

Dies geht soweit, dass für das Teilespektrum auf Basis mehrerer Merkmale, wie z.B. Bedarfsverhalten, Jahresverbrauch und Teilewert, automatisiert Vorschläge für geeignete Beschaffungskonzepte generiert werden könnten. Interessante Ideen bieten hier die Ansätze von Pawellek.[32]

Somit wird eine zweigeteilte Strategie verfolgt (#8.3):

- Für C-Teile, also Teile mit geringem Wert und geringem Volumen, sollte der Planer möglichst wenig Zeit aufwenden. Auf Basis vordefinierter Regeln soll das Planungswerkzeug den C-Teilen weitgehend automatisiert Prozesse und Ressourcen zuweisen, damit der Planer nur noch den Planungsstand freigeben muss.
- Die eingesparte Zeit steht für die detaillierte Untersuchung und Analyse der A- und eventuell auch der B-Teile mit den softwaregestützten Werkzeugen und Methoden zur Verfügung, um das Logistiksystem möglichst schon vor SOP optimal gestalten zu können.

6.4.3 Sichtenkonzept auf einer Datenbasis

Das Planungswerkzeug muss ein *Sichtenkonzept* unterstützen (#9). Je nach Rolle und zu erfüllender Aufgabe muss ermöglicht werden, auf der gleichen Datenbasis, aber mit unterschiedlich sortierten, gefilterten und strukturierten Daten zu arbeiten und diese auszuwerten. Dies ist für die Auswahl eines geeigneten Verpackungs- und Anlieferkonzepts eine wichtige Voraussetzung.

Aufbau der Daten analog der Aufbauorganisation oder der Berichtsstruktur

Ein Fahrzeug wird meist in unterschiedliche Teilegruppen strukturiert (#9.1). Diese Teilegruppen können sich an der Struktur bereichsübergreifender Simultaneous Engineering

[32] vgl. Pawellek/Martens (2004a) S. 40f. und Pawellek/Martens (2004b), S. 35ff.

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#7	Beschleunigung der Planung	Die Standardsoftware muss gewährleisten, dass die Planungsprozesse beschleunigt und die Bewertung verschiedener Planungsalternativen in kürzerer Zeit ermöglicht werden.	funktional	3
#7.1	Verbesserung der Datenverfügbarkeit	Der Einsatz des Planungswerkzeuges soll eine Einsparung bei den Zeitaufwänden zur Datensuche durch die Planer erbringen.	funktional	3
#7.2	Wiederverwendbarkeit der Planungsdaten	Die Planungssoftware muss sicherstellen, das bei der Bewertung verschiedener Alternativen und Szenarien ein Großteil der Planungsdaten wiederverwendet und mit geringem Aufwand angepasst werden können.	funktional	3
#7.3	Planungsstart mit Referenzdaten (vgl. #26)	Damit der Planungsprozess zu einem frühen Zeitpunkt beginnen kann, soll auf Vorgängermodelle und Referenz-fahrzeuge zurückgegriffen werden können, wodurch die Planung bereits vor Vorliegen der Stücklistendaten geplant wird.	funktional	3
#8	Logistikberechnungen	Der Prozessplaner muss die Funktion Logistikberechnungen auf Teileebene oder für ganze Teilegruppen ausführen können.	funktional	3
#8.1	Auswertung der Bauteildaten	Es müssen die "Anzahl Teile pro Fahrzeug", die "Anzahl der technischen Varianten", die "Anzahl der Farbvarianten" und die "Einbauraten" für die einzelnen Bauteile aus der Stückliste ermittelt und für das Bauteil aufsummiert werden.	funktional	3
#8.2	Setzen von Defaultwerten	In jedem Muss-Feld sollen nach Ausführen der Funktion sinnvolle Defaultwerte eingetragen sein.	funktional	3
#8.3	Vorgabe von Vorschlägen	Die Planungssoftware soll für C-Teile auf Basis vordefinierter Regeln Vorschläge erstellen, die der Planer nur noch freigeben muss.	funktional	3
#9	Sichtenkonzept	Die Bauteile sollen der Planungsaufgabe entsprechend mit unterschiedlichen Sortierungen, Filterungen und Strukturen angezeigt und ausgewertet werden können. Die Datenbasis muss aber gleich sein.	funktional	3
#9.1	Aufbau der Daten analog Aufbauorganisation oder Berichtsstruktur	Die Bauteile sollen entsprechend der Aufbauorganisation oder der Berichtsstruktur angezeigt werden können.	funktional	3
#9.2	Aufbau der Daten analog Stücklistenstruktur	Die Bauteile sollen entsprechend dem hierarchischen Aufbau der Stückliste in einer Baumstruktur angezeigt werden.	funktional	3
#9.3	Aufbau der Daten analog der Zusammenbaureihenfolge an der Montagelinie	In späteren Planungsphasen ist es von Bedeutung, die Bauteile nach Takten in der Montagereihenfolge zu bearbeiten.	funktional	3
#10	Behälterbibliothek	Die Behälter müssen in Form einer Bibliothek zur Verfügung gestellt werden.	funktional	3
#10.1	Auswahl des Verpackungskonzeptes	Die Zuordnung eines Behälters zu einem LogTeil aus einer vordefinierten Behälterbibliothek soll möglichst einfach sein.	funktional	3
#10.2	Suche nach Behältern	Es muss möglich sein, Behälter anhand verschiedener Kriterien zu suchen (nach Behälternummer, -name, Innenmaßen, etc.).	funktional	3
#11	Logistikkettenbibliothek	Die Logistikketten müssen in Form einer Bibliothek zur Verfügung gestellt werden.	funktional	3
#11.1	Auswahl einer Logistikkette	Die Zuordnung einer Logistikkette zu einem LogTeil aus einer vordefinierten Bibliothek soll möglichst einfach sein.	funktional	3
#11.2	Suche nach Logistikketten	Es muss möglich sein, Logistikketten anhand des Namens zu suchen.	funktional	3
#12	Berechnungsfunktionen	Es werden verschiedene Berechnungs- und Auswertungsfunktionen für die teilebezogene Planung benötigt.	funktional	3
#12.1	Ermittlung der Umlauftage	Das Planungswerkzeug soll in Abhängigkeit des Landes in dem sich der Lieferant befindet, die Umlauftage für einen Behälter bestimmen.	funktional	3
#12.2	Ermittlung der Prozesskosten	Es muss ermöglicht werden, auf Basis der eingegebenen Planungsdaten die Prozesskosten zu errechnen (siehe Kalkulationsschema in Kapitel 4.4).	funktional	3
#12.3	schnelle Ermittlung der Prozesskosten	Die Ermittlung der Prozesskosten soll schnell erfolgen (auf Teileebene < 2 Sekunden).	nicht-funktional	3
#12.4	Transportkosten	Das Planungswerkzeug soll auf der Basis der eingegebenen Planungsdaten die Transportvolumina und die Transportkosten errechnen und sortiert anzeigen (ABC-Analyse) können (siehe Kalkulationsschema in Kapitel 4.4).	funktional	3
#12.5	Flächenkosten	Das Planungswerkzeug soll auf der Basis der eingegebenen Planungsdaten die Flächenbedarfe und die Flächenkosten errechnen und sortiert anzeigen (ABC-Analyse) können (siehe Kalkulationsschema in Kapitel 4.4).	funktional	3
#12.6	Bestandskosten	Das Planungswerkzeug soll auf der Basis der eingegebenen Planungsdaten die Bestandskosten errechnen und sortiert anzeigen (ABC-Analyse) können (siehe Kalkulationsschema in Kapitel 4.4).	funktional	3
#12.7	Handlingskosten	Das Planungswerkzeug soll auf der Basis der eingegebenen Planungsdaten die Handlingszeiten und somit die Personalkosten errechnen und sortiert anzeigen (ABC-Analyse) können (siehe Kalkulationsschema in Kapitel 4.4).	funktional	3
#12.8	schnelle Ermittlung der Prozesskosten	Die Ermittlung der unterschiedlichen Kosten soll schnell erfolgen (auf Fahrzeugprojektebene mit 10.000 Bauteilen < 10 Minuten je Ausführung eines Berichtes).	nicht-funktional	3

Tabelle 6.4: Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 3

Teams orientieren. Ein Team betreut beispielsweise alle Fahrwerksumfänge oder alle Elektrikumfänge eines Fahrzeugmodells. Ein Logistikplaner ist für den von diesem Simultaneous Engineering Team betreuten Teileumfang aus logistischer Sicht zuständig. Er ist für die Planung der logistischen Abläufe und die verursachten Kosten und Aufwände verantwortlich.

Diese Struktur bildet die Basis für die Berichterstattung. Das Planungswerkzeug muss eine auf diese Teilegruppen aggregierte Berichterstattung der Flächenbedarfe, der Investitionen und der Handlingszeitbedarfe unterstützen.

Aufbau der Daten analog der Stücklistenstruktur

Eine weitere wichtige Sichtweise auf die Daten ist die Stücklistenstruktur (#9.2). Die LogTeile müssen hierarchisch, dem Aufbau der Stückliste aus der technischen Entwicklung entsprechend, in einer Baumstruktur dargestellt werden. Aus dieser Sicht kann der Planer vor allem in frühen Planungsphasen (Konzeptplanungsphase) zumindest grob Zusammenbaureihenfolgen und somit logistisch relevante Teileumfänge erkennen. Die Stücklistenstruktur liefert weiterhin wichtige Hinweise zur Fertigungstiefe.

Aufbau der Daten analog der Zusammenbaureihenfolge an der Montagelinie

In späteren Planungsphasen (Feinplanungsphase) wird in Zusammenarbeit mit der Fertigungsplanung das Materialbereitstellungslayout an der Montagelinie geplant. Zur Erfüllung dieser Aufgabe ist für den Logistikplaner wichtig, die LogTeile in der von der Fertigungsplanung vorgegebenen Verbaureihenfolge der Teile auf der Montagelinie nach Takten sortiert zu bearbeiten (#9.3). Eine ortsbezogene Sichtweise erlaubt es, Teileumfänge nach ihrem Verbauort auszuwählen. Dies kann der Verbauort des Teils, der Takt, der relevante Abschnitt der Montagelinie, die gesamte Montagelinie oder der gesamte Produktionsstandort sein. Dieser Struktur sollte auch die Aufbaulogik der Datenstruktur entsprechen.

Da sich die Aufbauorganisation häufig nicht an den örtlichen Strukturen und der Verbaureihenfolge der Teile orientiert, kommt es zu Überlappungen der Zuständigkeiten. Ein Logistikplaner ist z.B. für einen ganzen Abschnitt einer Montagelinie zuständig, in dem Teile aus verschiedenen Simultaneous Engineering Teams verbaut werden.

Es sind auch noch weitere Sichten vorstellbar: Beispielsweise können die Daten nach Lagerhallen bzw. nach der Lagergruppenstruktur sortiert werden, um Fahrkreise zu planen

oder nach Lieferanten, um Abladestellen im Werk für die LKW-Anlieferung zu optimieren.

Auch bei der Lösung dieser Herausforderung für die Planer muss ein softwarebasiertes Planungswerkzeug die notwendige Flexibilität und Unterstützung bieten. Den Planern werden die Daten für die jeweils zu erfüllende Aufgabe in der optimalen Struktur angeboten. Im Hintergrund befindet sich aber immer eine gemeinsame Datenbasis.

6.4.4 Auswahl des Verpackungskonzepts

Zur Auswahl des Verpackungskonzepts ist wichtig, dass die relevanten Behälter mit Stammdaten in einer Bibliothek hinterlegt sind (#10) und möglichst einfach den LogTeilen zugeordnet werden können (#10.1). Die Zuordnung kann per Drag & Drop oder über ein Pull-down-Menü erfolgen. Es muss möglich sein Behälter anhand verschiedener Kriterien, wie Behälternummer, -name oder den Innenmaßen zu suchen (#10.2).

6.4.5 Auswahl des Anlieferkonzepts

Gleiches gilt für die Zuordnung von Anlieferkonzepten (#11 und #11.1). Auch hier wird eine Suchfunktion nach Namen benötigt (#11.2).

6.4.6 Berechnungsfunktionalitäten

Zur Beurteilung der Qualität der teilebezogenen Planung werden verschiedene Berechnungs- und Auswertungsfunktionen benötigt (#12):

Berechung Umlauftage pro Behälter

Zunächst müssen in Abhängigkeit von der Entfernung des Lieferanten die Umlauftage für die Spezialbehälter bestimmt werden (#12.1). Diese werden in frühen Planungphasen aus einer Matrix ermittelt, in der für unterschiedliche Länder Umlauftage vorgegeben sind. Beispielsweise dauert der Umlauf eines Behälters zu einem Lieferanten in Spanien im Durchschnitt 17 Tage. Solange benötigt ein Behälter von der Auslieferung als Leergut, der Lagerung als Leergut beim Lieferanten, dem Durchlauf durch dessen Produktion, der Lagerung als Vollgut beim Lieferanten, dem Transport, der Lagerung als Vollgut im Produktionswerk und dem Durchlauf durch die Fahrzeugproduktion bis zur Entleerung des Behälters.

Die Umlaufdauer eines Behälter stellt eine wichtige Eingangsinformation zur Berechnung der Anzahl der zu beschaffenden Spezialbehälter dar (vgl. Anwendungsfall 4). Die Anzahl der Umlauftage wird häufig im Lauf des Planungsprozesses feiner geplant und mit dem Lieferanten und der Disposition verhandelt, um die Umlaufgeschwindigkeit der Behälter, z.B. durch kleinere Lagerbestände, zu erhöhen.

Ermittlung der Prozesskosten je LogTeil

Das Planungswerkzeug soll die Prozesskosten dem in Kapitel 4.4 erstellten Kalkulationsschema entsprechend ermitteln und dem Planer in Form eines Berichts zur Verfügung stellen (#12.2). Die Ermittlung des Berichts auf Teileebene darf nicht länger als 2 Sekunden dauern (#12.3).

Ermittlung der fahrzeugprojektweiten Kosten

Auf der teileübergreifenden, fahrzeugprojektweiten Ebene muss das Planungswerkzeug den verschiedenen Rollen entsprechende Auswertungen zu Transport-, Flächen-, Bestands- und Personalkosten unterstützen. Auch diese Berichte werden auf Basis der Formeln des Kalkulationsschemas ermittelt. Die Ergebnisse sollen eine ABC-Analyse ermöglichen, damit die wichtigsten Teile herausgefunden werden können, denen bei der Planung die höchste Aufmerksamkeit zukommen sollte (#12.4 - #12.7). Die Ausführung eines Berichts darf bei 10.000 Bauteilen je Fahrzeugprojekt nicht länger als 10 Minuten in Anspruch nehmen (#12.8).

6.5 Anwendungsfall 4: Behälter- und Investitionsplanung

Es muss möglich sein, Behälter mit den notwendigen Stammdaten (Behältername, Behälternummer, Stapelfaktor, Maße etc.) in einer Bibliothek anzulegen (#13).

Weiterhin werden für die Behälter, hauptsächlich für Spezialbehälter, sogenannte Investitionsvorgänge benötigt (#14). Die Behälter werden üblicherweise zum SOP eines Fahrzeugprojekts beschafft. Allerdings kann ein Behälter auch mehrmals beschafft werden, beispielsweise wenn der gleiche Behältertyp von mehreren Fahrzeugprojekten genutzt wird oder wenn unterschiedliche Werke das Fahrzeug bauen und getrennt die Behälter

Titel	Behälter- und Investitionsplanung
Akteur	Behälterplaner, Prozessplaner
Vorbedingung	Die Bauteile sind gepflegt.
Standard-szenario	• Einen neuen Behälter anlegen. • Die Stammdaten für den neuen Behälter pflegen. • Für den neuen Behälter einen Investitionsvorgang anlegen. • Den Investitionsvorgang mit Behälterstammdaten verknüpfen. • Einzelpreise eingeben. • Target vorgeben. • Der Behälterplaner pflegt die Meilensteine des Investitionsvorgangs, der Prozessplaner verknüpft den Investitionsvorgang mit dem Bauteil und berechnet die Anzahl der Behälter. • Der Behälterplaner plant und verfolgt die Lieferlose und plant und verfolgt den Invest zusammen mit Prozessplaner.
Nach-bedingungen	Die Behälterbibliotheken sind gepflegt und der Lieferlos- und Investplan sind erstellt.

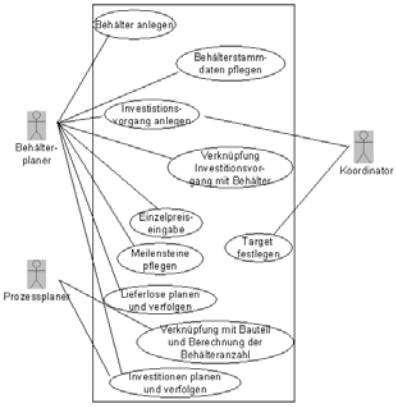

Abbildung 6.9: Anwendungsfall 4: Behälter- und Investitionsplanung

beschaffen oder nachbeschafft werden muss, weil z.B. die zu produzierenden Fahrzeugstückzahlen erhöht werden. Somit kann es für einen Behältertyp mehrere Investitionsvorgänge geben, die auch miteinander verknüpft werden müssen (#14.1). In Abhängigkeit von der jeweiligen Marktlage und der zu beschaffenden Anzahl von Behältern ergeben sich unterschiedliche Einzelpreise für Behälter, die hinterlegt werden müssen (#14.2). Der Behältereinzelpreis kann folglich nicht als Teil der Stammdaten am Behälter selbst gehalten werden.

Es müssen Zielwerte für die Beschaffung je Behältertyp vorgegeben werden können (#14.3). Dieser Zielwert, kann durch den Behältereinzelpreis und die zu beschaffende Anzahl der Behälter beeinflusst werden. Da ein Spezialbehälter immer für ein bestimmtes Bauteil konzipiert wird, muss ein Investitionsvorgang mit einem LogTeil verknüpft werden können (#14.4). Über das LogTeil werden die relevanten Daten aus der teilebezogenen Planung zur Berechnung der Anzahl notwendiger Behälter verknüpft (#14.5). Dies sind die „Anzahl zu produzierender Fahrzeuge“, die „Anzahl Teile pro Fahrzeug“, die „Einbaurate“, der „Behälterinhalt“ und die „Umlauftage“ zum jeweiligen Lieferanten. Das Planungswerkzeug muss sicherstellen, dass Änderungen in der teilebezogenen Planung zur Verfügung stehen und auch berücksichtigt werden (#14.6). Die Anzahl der zu beschaffenden Behälter muss nach der in dem Kalkulationsschema in Kapitel 5.3.1 enthaltenen Formel errechnet werden. (#14.7).

Um sicherzustellen, dass die Spezialbehälter rechtzeitig zum SOP fertiggestellt werden, müssen entsprechende Meilensteine mit einer Kalenderfunktion hinterlegt werden kön-

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#13	Behälter anlegen	Es muss möglich sein, Behälter mit den notwendigen Stammdaten (Behältermarne, Behälternummer, Stapelfaktor, Maße, etc.) in einer Bibliothek anzulegen.	funktional	4
#14	Investitionsvorgänge anlegen	Es muss möglich sein, Investitionsvorgänge anzulegen.	funktional	4
#14.1	Verknüpfung mit Behälter	Die Investitionsvorgänge müssen mit einem Behälter verknüpft werden können.	funktional	4
#14.2	Einzelpreise eingeben	Es müssen Einzelpreise für Behälter hinterlegt werden können.	funktional	4
#14.3	Targets festlegen	Es müssen Targets für die Beschaffung je Behälterart vorgegeben werden können.	funktional	4
#14.4	Verknüpfung mit LogTeil	Ein Investitionsvorgang muss mit einem LogTeil verknüpft werden können.	funktional	4
#14.5	Berechnung Anzahl Spezialbehälter	Die Anzahl notwendiger Behälter muss errechnet werden.	funktional	4
#14.6	Integration der Investplanung	Das Planungstool muss sicherstellen, dass Änderungen in der teilebezogenen Planung zur Verfügung stehen und auch berücksichtigt werden.	funktional	4
#14.7	Verfolgung Investitionen	Die Investitionen müssen ermittelt und verfolgt werden können.	funktional	4
#14.8	Meilensteine pflegen	Es müssen Meilensteine mit einer Kalenderfunktion hinterlegt werden können.	funktional	4
#14.9	Lieferlose planen	Es müssen auf Basis von Kalenderwochen Lieferlose für Behälter geplant und verfolgt werden können.	funktional	4

Tabelle 6.5: Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 4

nen, die den Behälterplanern und dem Management als Orientierung und zur Kontrolle der Terminsitutation dienen (#14.8). Damit auch die Auslieferung der fertigen Spezialbehälter entsprechend der Anlaufkurve eines Fahrzeugs organisiert werden kann, müssen auf Basis von Kalenderwochen Lieferlose für die Spezialbehälter geplant und verfolgt werden können (#14.9).

6.6 Anwendungsfall 5: funktionsbereichsübergreifende Planung

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#15	Gewerkeübergreifende Abstimmung	Ein intensiver Informationsaustausch zwischen Fertigungs- und Logistikplanung muss unterstützt werden.	funktional	5
#15.1	Datenaustausch zwischen einzelnen Gewerken	Die Montageplanung benötigt die Verpackungsdaten zur Gestaltung der Montagelinien. Die Logistik benötigt die Bedarfsortinformationen zur optimalen Ausrichtung der Logistikplanung auf die Bedürfnisse der Werker an der Montagelinie.	funktional	5
#15.2	Unterstützung Layoutplanung	Das Planungswerkzeug soll die Planungsergebnisse visualisieren. Fertigungs- und Logistikplanung sollen in einem gemeinsamen 3D-Materialbereitstellungslayout arbeiten können.	funktional	5
#15.3	Datenaustausch in kurzen Zyklen	Der Datenaustausch zwischen den Gewerken muss mindestens jede Nacht möglich sein.	nicht-funktional	5

Tabelle 6.6: Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 5

Das Planungswerkzeug soll einen intensiven Informationsaustausch zwischen der Fertigungs- und der Logistikplanung während der gesamten Planungsphase unterstützen (#15). Die Montageplanung benötigt die Verpackungsdaten zur Gestaltung des Materialbereitstel-lungslayouts der Montagelinien. Die Logistik benötigt die Bedarfsortinformationen

Titel	Gewerkeübergreifende Planung
Akteur	Fertigungsplaner, Prozessplaner
Vorbedingungen	Die Planungsprämissen sind übergreifend bekannt, die Stücklistenteile sind zugeordnet und die Behälter- und Anlieferkonzeptbibliotheken sind gepflegt.
Standard-szenario	• Der Fertigungsplaner plant die Montagereihenfolge, der Prozessplaner führt die Logistik-berechnung aus, gleicht mit den Ist-Daten ab und passt das Ver-packungskonzept wenn nötig an. • Bedarfsorte werden durch den Fertigungsplaner festgelegt. Wenn nötig wird das Anlieferkonzept durch Prozessplaner angepasst. • Planungen werden synchronisiert. • Behälter im Layout positionieren. Ist eine Zuordnung nicht möglich, muss wieder bei Schritt 1 begonnen werden.
Nach-bedingungen	Materialbereitstellungslayout ist erstellt.

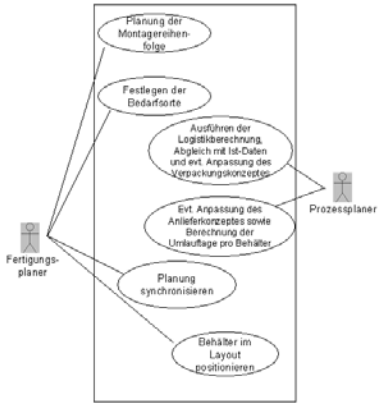

Abbildung 6.10: Anwendungsfall 5: funktionsbereichsübergreifende Planung

zur optimalen Ausrichtung der Logistikplanung auf die Bedürfnisse der Mitarbeiter an der Montagelinie (#15.1). Aufgrund der Komplexität der Planungssituation ist es erforderlich, dass das Planungswerkzeug die Planungsergebnisse in Form eines 3D-Layouts visualisieren kann. Das Layout unterstützt die Kommunikation zwischen den Planern. Die Fertigungs- und die Logistikplanung sollen in einem gemeinsamen 3D-Materialbereitstellungslayout arbeiten können (#15.2). Der Datenaustausch zwischen den Funktionsbereichen muss mindestens jede Nacht möglich sein (#15.3).

6.7 Anwendungsfall 6: standortübergreifende Planung

6.7.1 Planung eines Fahrzeugmodells an mehreren Standorten

Grundsätzlich stellt ein an einem anderen Standort zu produzierendes Fahrzeugmodell aufgrund der unterschiedlichen örtlichen Gegebenheiten (Hallen, Fahrwege, verfügbare Lager- und Pufferflächen) und der daher unterschiedlichen logistischen Prozessstrukturen ein separat zu planendes Logistiksystem dar. Da jedoch für die Bauteile des Fahrzeugmodells unabhängig vom Produktionsstandort die gleichen Behälter zu nutzen sind und auch grundsätzlich möglichst ähnlichen Abläufen gefolgt werden soll, können viele Planungsergebnisse von dem führenden Werk übernommen werden. Das Planungswerkzeug muss daher die Abbildung eines Fahrzeugmodells an unterschiedlichen Standorten ermöglichen

Titel	**Standortübergreifende Planung**
Akteur	**Prozessplaner, Administrator**
Vorbedingung	**Planungsprämissen, Masterprojekt, Behälterbibliothek und Anliefer-konzeptbibliothek sind gepflegt**
Standard-szenario	**• Abgleich mit dem Masterprojekt starten • Übernahme der Plandaten aus dem Masterprojekt starten**
Erweiterungen	**1. Bauteil vorhanden: • Datenübernahme prüfen • Entscheiden, ob Plandaten aus dem Masterprojekt übernommen werden. 2. Bauteil nicht vorhanden: • Plandaten aus dem Masterprojekt übernehmen**
Nach-bedingungen	**Standortübergreifende Planung ist synchronisiert.**

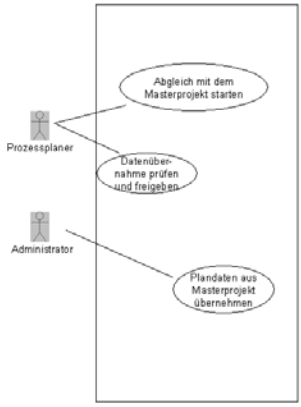

Abbildung 6.11: Anwendungsfall 6: standortübergreifende Planung

(#16).[33]

Eine weitere Herausforderung ergibt sich aus der Organisationsstruktur standortübergreifender Planungsprojekte. Die Planungsdaten müssen über entsprechende Freigabemechanismen (#17) zeitgleich den zuständigen Logistikplanern aus mehreren Planungsteams (eventuell an mehreren Standorten), die parallel an einem Fahrzeugprojekt arbeiten, wie auch nachgelagerten Planungsbereichen zur Verfügung stehen. Dies erfordert rollenspezifische Zugriffsmechanismen (#18).

6.7.2 Trennung in standortunabhängige und standortabhängige Planungsergebnisse

Die Planungslogik geht davon aus, dass die drei Planungsdimensionen Produkt, Prozess und Ressource immer gemeinsam zu betrachten und zu optimieren sind.[34] Alle logistischen Prozesse werden in Abhängigkeit vom Produkt geplant. Dem LogTeil wird zunächst ein Behälter zugeordnet und der Behälterinhalt wird festgelegt. Danach wird ein geeigneter Logistikprozess zugewiesen.

Planungsdaten können prinzipiell in standortabhängige und standortunabhängige Daten unterschieden werden (vgl. Abbildung 6.12). Die standortunabhängigen Planungsdaten

[33] Dies wird auch in Schneider/Völker (2006), S. 32-39 beschrieben.
[34] vgl. Bernemann (2002), S. 66

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#16	Abbildung verschiedener Standorte	Ein Fahrzeugmodell muss an verschiedenen Standorten abgebildet werden können.	funktional	6
#17	Freigabemechanismen	Für einzelne LogTeile müssen Freigabemechanismen für weitere Bearbeitungsstufen vorhanden sein.	funktional	6
#18	Zugriffsmechanismen	Eine standortübergreifende Arbeit macht Zugriffsrechte (lesend, schreibend) erforderlich.	funktional	6
#19	Bildung von Logistikprozesstypen	Die Ausprägungen verschiedener Logistikprozesse müssen zu Logistikprozesstypen zusammengefasst werden können.	funktional	6
#20	Übernahme von Planungsdaten aus einem Masterprojekt	Die Planungssoftware muss die Übernahme von Planungsdaten aus einem Masterprojekt ermöglichen.	funktional	6
#20.1	Filtermechanismus	Die Datenübernahme aus dem Masterprojekt muss mittels eines Filtermechanismus auf bestimmte Bauteile einschränkbar sein.	funktional	6
#20.2	Kopiermechanismus Prozesse	Es müssen die Logistikprozesstypen übernommen werden können.	funktional	6
#20.3	Zuordnung eines Default-Logistikprozesses	Jedem Logistikprozesstyp muss standortabhängig ein Default-Logistikprozess zugeordnet werden können.	funktional	6
#21	Abgleichsmechanismen	Um die Planungsergebnisse zwischen den Standorten konsistent zu halten, sind Abgleichsmechanismen erforderlich.	funktional	6
#21.1	Wiederholbarer Abgleich	Der Abgleichsmechanismus muss dauerhaft und wiederholbar eingesetzt werden können.	nicht-funktional	6
#21.2	Abgleich nach Pull-Prinzip	Der Abgleich soll nach dem Pull-Prinzip funktionieren. Der Planer im nachgeordneten Projekt entscheidet Zeitpunkt und Umfang des Abgleichs.	nicht-funktional	6

Tabelle 6.7: Abgeleitete Anforderungen aus dem Anwendungsfall 6

sollten aus Gründen der Planungskonsistenz und zur Realisierung von Synergie- und Bündelungseffekten zwischen verschiedenen Standorten weitgehend gleich sein und können übernommen werden. Typische standortunabhängige Größen sind Daten zur Verpackung und zu den Teilelieferanten. Diese werden direkt mit dem LogTeil verknüpft.

Standortabhängige Planungsdaten wie nutzbare Flächen und vorhandene Flurförderzeuge sind für den jeweiligen Produktionsstandort spezifisch. Auch die Logistikprozesse, die die standortspezifischen Ressourcen nutzen, sind somit standortabhängige Planungsdaten. Diese Logistikprozesse werden in standardisierter Form für jeden Standort vordefiniert und zentral in einer Bibliothek abgelegt. Dies ist in Abbildung 6.13 erkennbar.

Auf einem höheren Abstraktionsniveau können diese standortspezifischen, in vielerlei Ausprägungen vorhandenen Logistikprozesse zu universellen, standortunabhängigen Logistikprozesstypen zusammengefasst werden (#19). Beispiele dafür sind etwa „JIT“, „sequenzierte Anlieferung“, „Anlieferung im Großladungsträger“ und „vereinzelte Anlieferung im Kleinladungsträger“. Es können zwar für einen Standort mehrere Logistikprozesse eines Logistikprozesstyps existieren, die sich etwa durch die Lager- und Umschlagsflächen unterscheiden, aber die Information über den Logistikprozesstyp ist zwischen den Produktionsstandorten austauschbar.[35]

[35] vgl. Schneider /Völker (2006), S. 35

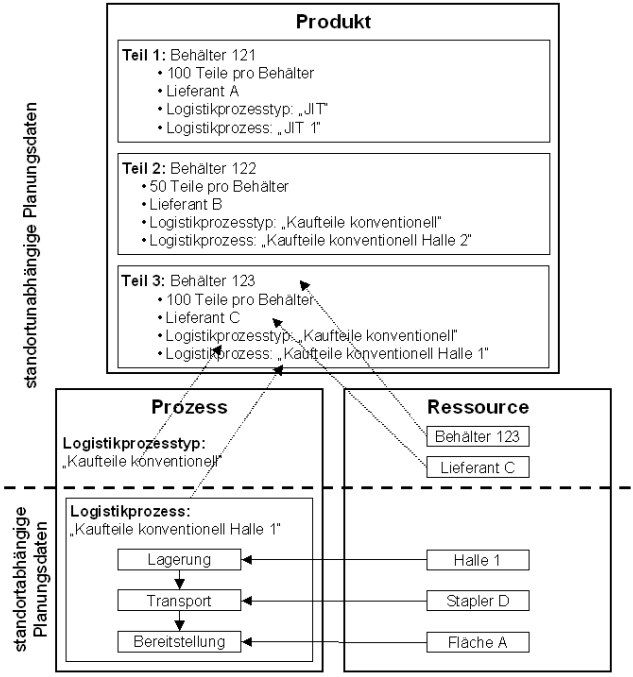

Abbildung 6.12: Standortabhängige und standortunabhängige Planungsdaten (Schneider/Völker (2006), S. 36)

6.7.3 Synchronisation standortübergreifender Planungen

Um die in Abbildung 6.12 oberhalb der gestrichelten Linie dargestellten standortunabhängigen Daten an einen anderen Standort übernehmen zu können, ist es notwendig, dass Planungsdaten aus einem Masterprojekt kopiert werden können (#20). Zunächst werden die Bauteilinformationen in den Planungsstand des Werkes 2 übertragen (siehe Abbilung 6.13). Hierbei müssen eventuell für den Standort 2 nicht relevante Bauteile ausgelassen werden. Beispielsweise kann es der Fall sein, dass am Standort 2 keine Nordamerika-Variante oder nur frontgetriebene Versionen gebaut werden sollen. Ein weiterer Grund könnte in einer am Standort 2 geringeren Fertigungstiefe liegen. Dies erfordert einen Filtermechanismus (#20.1).

Die standortunabhängigen Planungsdaten zu den Behälter- und Lieferantendaten können nach einer Überprüfung übernommen werden und müssen somit nicht erneut erstellt werden. Der Planungsaufwand wird reduziert und die Konsistenz der Planungsergebnisse ge-

sichert. Des Weiteren wird für jedes LogTeil der standortunabhängige Logistikprozesstyp übernommen (#20.2).

Auf Basis des Logistikprozesstyps wird dem LogTeil der Default-Logistikprozess des zweiten Standorts zugeordnet (#20.3). In Abbilung 6.13 ist das LogTeil 3 im Werk 1 mit dem standortspezifischen Logistikprozess „Kaufteile konventionell Halle 1“ verknüpft. An das Werk 2 wird nur der standortunabhängige Logistikprozesstyp „Kaufteile konventionell“ übergeben. Aufgrund dieser Information wird Teil 3 für Werk 2 automatisch ein vordefinierter Default-Logistikprozess zugeordnet, der über Halle 8 läuft. Eine manuelle Korrektur der Zuordnung durch den Planer ist nur nötig, wenn der tatsächlich zu wählende Logistikprozess vom automatisch verknüpften Logistikprozess abweicht.[36]

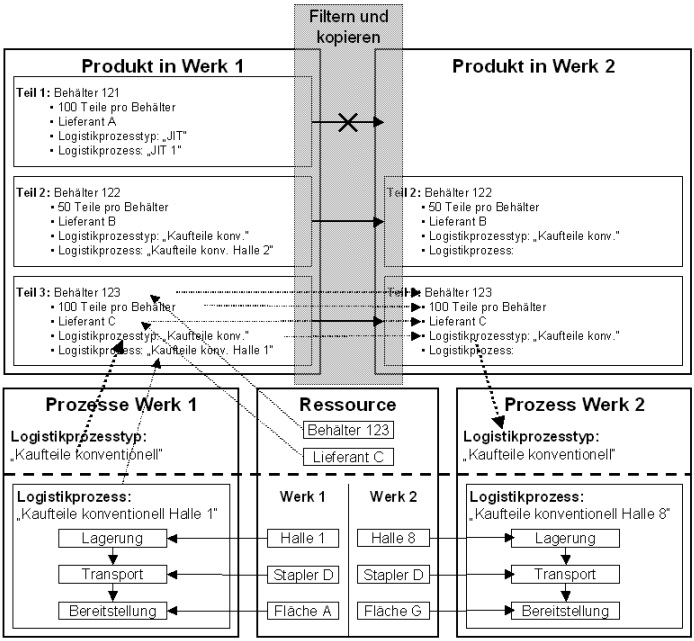

Abbildung 6.13: Synchronisation der Pläne für zwei Standorte (Schneider/Völker (2006), S. 37)

Die Planungsergebnisse sollten standortübergreifend konsistent gehalten werden, was durch Konzepte zur Erzeugung und zum Abgleich verschiedener Planungsstände erreicht werden kann (#21).

[36] vgl. Schneider/Völker (2006), S. 36-37

Da die Planungen im Laufe des Planungsprozesses mehrmals angepasst werden, ist es erforderlich, nicht nur einmalig die Übernahme von Planungsinformationen zu ermöglichen, sondern einen Abgleich zwischen den Planungsständen mit Hilfe eines Abgleichsmechanismus wiederholt durchführen zu können (#21.1).

Der Abgleichsmechanismus funktioniert nach dem Pull-Prinzip (#21.2). Die Planungsdaten werden von einem festzulegenden Masterprojekt übernommen. Im Beispiel wird Werk 1 als Master für die Planungen gesetzt, weil die Produktion hier zuerst startet und mehrere Varianten des Produkts gefertigt werden. Der Planer im nachgeordneten Planungsprojekt (in Abbildung 6.13 also im Werk 2) bestimmt sowohl den Zeitpunkt und als auch den Umfang des Abgleichs von Planungsinformationen. Sollte der Planer aufgrund der örtlichen Gegebenheiten im Werk 2 entscheiden, dass für das Teil ein abweichender Logistikprozess oder eine abweichende Verpackung notwendig ist, kann das betreffende Teil manuell geändert und von zukünftigen Synchronisationen mit dem Masterprojekt ausgenommen werden.[37]

6.8 Übergreifende Anforderungen

Im Weiteren werden übergreifende Anforderungen an ein Planungswerkzeug für die Logistikplanung vor SOP definiert, die sich nicht bestimmten Anwendungsfällen zuordnen lassen.

6.8.1 Abbildung der Dimensionen der Planungsprojekte der Logistik

Die Planungsprojekte werden nach bestimmten Kriterien unterschieden. Diese Betrachtungsperspektiven werden als *Dimensionen* bezeichnet. Eine Dimension besteht aus mindestens zwei Dimensionselementen, nach denen die Planungsprojekte geordnet werden können. Eine Dimension dient der Strukturierung des Datenraums.[38]

In der Logistikplanung können drei verschiedene Dimensionen der Planungsprojekte unterschieden werden, die ein Planungswerkzeug abbilden und unterstützen können muss (vgl. Abbildung 6.14).

Zunächst kann sich jedes Fahrzeugprojekt in unterschiedlichen *Planungsphasen* (Standortentscheidung, Konzept-, Fein- oder Serienplanung) befinden. In jeder Phase stehen

[37] vgl. Schneider/Völker (2006), S. 37-38
[38] vgl. Bauer/Günzel (2001), S. 101

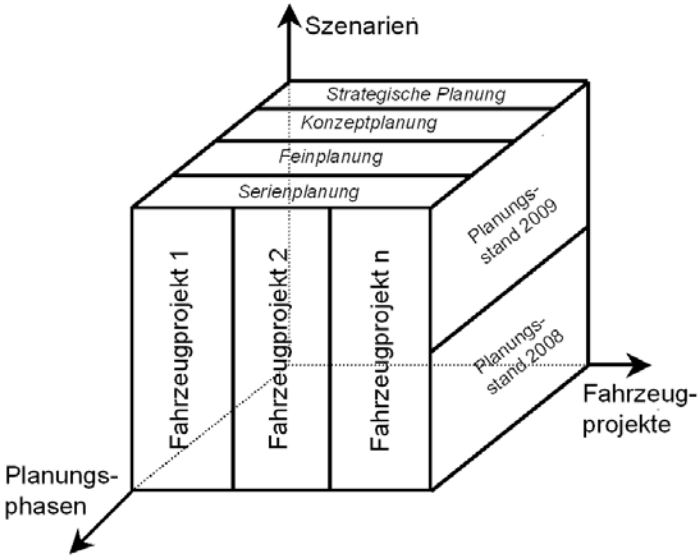

Abbildung 6.14: Die Dimensionen der Planungprojekte in der Logistik vor SOP

unterschiedliche Fragestellungen im Vordergrund und es werden unterschiedliche Anforderungen an die Unterstützung durch das Planungswerkzeug gestellt (vgl. Kapitel 3.5).

Unabhängig von der Planungsphase, in der sich ein Fahrzeugprojekt befindet, können verschiedene *Planungsszenarien* existieren. Dies können alternative Logistikkonzepte sein, die bewertet werden sollen. Es kann sich aber auch um Szenarien eines Fahrzeugmodells für unterschiedliche Standorte oder aber um Pfadszenarien, die aufeinanderfolgende Planungsstände für künftige Jahre sind, handeln. Die Planungsstände das „Fahrzeugprojekt 1“ für die Jahre „2008“ und „2009“ in Abbildung 6.20 stellen ein Pfadszenario dar. Es werden beispielsweise Veränderungen in der Anzahl produzierter Fahrzeuge, im Fahrzeugmix oder Veränderungen die durch andere Fahrzeugprojekte verursacht werden, abgebildet und geplant.

Wenn sich die unterschiedlichen Fahrzeugprojekte gegenseitig beeinflussen, beispielsweise weil beide *Fahrzeugmodelle* auf einer Montagelinie gefertigt werden sollen, müssen auch diese so abgebildet werden, dass gegenseitige Abhängigkeiten erkannt und bewertet werden können.

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#22	Phasenorientierte Integration	Die Software muss über alle Phasen der Planung einsetzbar sein.	funktional	übergreifend
#23	Phasenkonzept	Die Planungsergebnisse der vorgelagerten Phasen sollen den nachgelagerten Phasen als Eingangsdaten zur Verfügung stehen.	funktional	übergreifend
#25	Detaillierung der Planung	In frühen Phasen müssen die Planungen auf einer groben Ebene möglich sein, die später detailliert werden.	funktional	übergreifend
#25	Planung mit Referenzdaten (vgl. #7.3)	Es muss möglich sein, ein zu planendes Fahrzeug aus Vorgänger- oder Referenzfahrzeugen "zusammenzustellen"	funktional	übergreifend
#25.1	Abbildung vollständiger Fahrzeuge	Das Fahrzeugprojekt soll vom Planungsstart an möglichst vollständig sein.	funktional	übergreifend
#25.2	Laufende Aktualisierung der Eingangsdaten	Eine laufende Aktualisierung der Eingangsdaten der Planung, z.B. der Stückliste, muss während der gesamten Planungsphase ohne Verlust von Planungsinformationen möglich sein.	funktional	übergreifend
#26	Änderungsverfolgung in Serienphase	Änderungen während der Serienphase sollen verfolgt werden können.	funktional	übergreifend
#27	Automatisierung der Schnittstellen (vgl. #4.15)	Eine weitgehend automatisierte Versorgung mit Ist-Daten aus operativen Systemen muss möglich sein.	nicht-funktional	übergreifend
#28	Geschlossene Datenkette	Es soll eine geschlossene Datenkette für ein Fahrzeugprojekt erhalten bleiben.	funktional	übergreifend
#29	Mehrprojektfähigkeit	Die Planungssoftware soll verschiedene Fahrzeugmodelle abbilden können, die zumindest teilweise auf die gleichen Logistikprozesse und Ressourcen zugreifen.	funktional	übergreifend
#30	Fahrzeugmodellübergreifende Synergiepotentiale	Das Planungswerkzeug sollte fahrzeugprojektübergreifend die Realisierung von Synergiepotentialen unterstützen.	funktional	übergreifend
#31	Mehrere Modelle auf einer Montagelinie	Die Planungssoftware soll die Abbildung mehrerer Fahrzeugmodelle auf einer Montagelinie abbilden.	funktional	übergreifend
#31.1	COP-Teile	COP-Teile (Carry-over-Parts) zwischen zwei Fahrzeugmodellen müssen erkannt werden.	funktional	übergreifend
#31.2	Sequenzierung	Es müssen sequenzierte Umfänge abbildbar sein.	funktional	übergreifend
#31.2.1	Fahrzeugmodellübergreifende Sequenzierung	Es muss abbildbar sein, dass Teile aus unterschiedlichen Planungsprojekten gemeinsam einen Logistikprozess nutzen.	funktional	übergreifend
#31.2.2	Berücksichtigung unterschiedlicher Eingangs-daten bei Berechnungen in einer Logstikkette	Für den gemeinsam genutzten Teil der Logistikkette müssen die Ressourcenverbräuche mit abweichenden Eingangsdaten berechnet werden.	funktional	übergreifend
#31.3	Warenkörbe	Es muss abbildbar sein, dass unterschiedliche Teile aus Planungsprojekten gemeinsam einen Logistikprozess nutzen.	funktional	übergreifend
#31.3.1	Fahrzeugmodellübergreifende Warenkörbe	Es muss abbildbar sein, dass Warenkörbe für unterschiedliche Fahrzeugmodelle an einem Verbauort angeliefert werden.	funktional	übergreifend
#31.3.2	Anpassbare Berechnungen innerhalb einer Logistikkette	Für den gemeinsam genutzten Teil der Logistikkette dürfen die Ressourcenverbräuche nicht je Teil, sondern nur einmal für den Warenkorb berechnet werden.	funktional	übergreifend

Tabelle 6.8: Anforderungen zur Abbildung der Planungsprojekte der Logistik

Phasenorientierte Integration von der Standortplanung bis zur Serienplanung

Das Planungswerkzeug soll über alle Planungsphasen von der Standortplanung bis zur Serienplanung eingesetzt werden können (#22). Es müssen in jeder Planungsphase die Eingangsdaten und Planungsergebnisse der vorgelagerten Planungsphase zur Verfügung stehen (#23), wie dies in Abbildung 6.15 dargestellt ist.

Die Planung erfolgt in frühen Planungsphasen eher grob. Erst in späteren Planungsphasen werden die Planungen sehr detailliert auf Teilefamilien oder sogar Teilebasis ausgearbeitet (#24).[39] Während der frühen Planungsphasen steht oftmals noch keine komplette Stückliste für ein neues Fahrzeugmodell zur Verfügung. Hier muss das Planungswerkzeug Möglichkeiten bieten, aus Vorgänger- oder Referenzfahrzeugen ein komplettes Fahrzeug „zusammenzustellen“, das dem zu planenden Neufahrzeug nahe kommt (#25). Es soll von

[39] vgl. Knoblach et al. (2000), S. 8

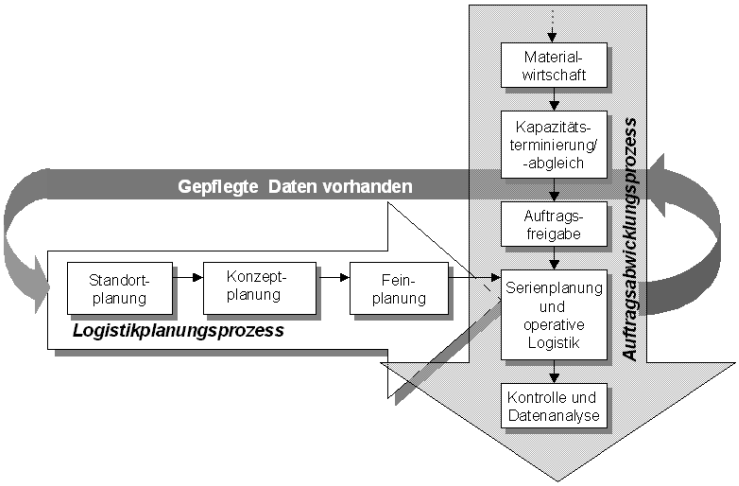

Abbildung 6.15: Einsatz des Planungswerkzeugs über alle Planungsphasen

Anfang an mit einem möglichst vollständigen Fahrzeug geplant werden, wie in Abbildung 6.16 dargestellt. Es sollen alle relevanten Teile beinhaltet sein, um die Logistikkosten möglichst vollständig ermitteln zu können (#25.1).

Die laufende Aktualisierung der Eingangsdaten der Planung, z.B. der Stückliste, muss während der gesamten Planungsphase ohne Verlust von Planungsinformationen ermöglicht werden (#25.2). Die Referenzdaten aus alten oder anderen Fahrzeugprojekten werden im Verlauf der Planung durch Plandaten für das aktuell zu planende Fahrzeugprojekt ersetzt. Diese Daten werden dann in Richtung der Serieneinführung durch tatsächliche Ist-Daten ergänzt, bis der der Realität entsprechende Ist-Stand abgebildet ist.

Nach der detaillierten Ausplanung soll das Planungswerkzeug während der Phase der Serienplanung hauptsächlich bei der Verfolgung der Logistikkosten und eventuell auftretenden Änderungen unterstützen (#26). Dies setzt eine weitgehend automatisierte Versorgung mit Ist-Daten aus operativen Systemen voraus, um den Pflegeaufwand für die Planer möglichst gering zu halten (#27). Durch den Einsatz im Serienumfeld sollen für die Planung neuer Fahrzeuge oder zeitlich versetzt einsetzender Derivate jederzeit aktuelle, gepflegte Basisdaten und die aktuellen Prozessabläufe vorhanden sein. Es soll eine geschlossene Datenkette für ein Fahrzeugprojekt erhalten bleiben, um vorhandene Erfahrungen und Prozess-Know-how für neue Fahrzeuge wiederverwenden zu können (#28).[40]

[40] vgl. Knoblach et al. (2000), S. 7

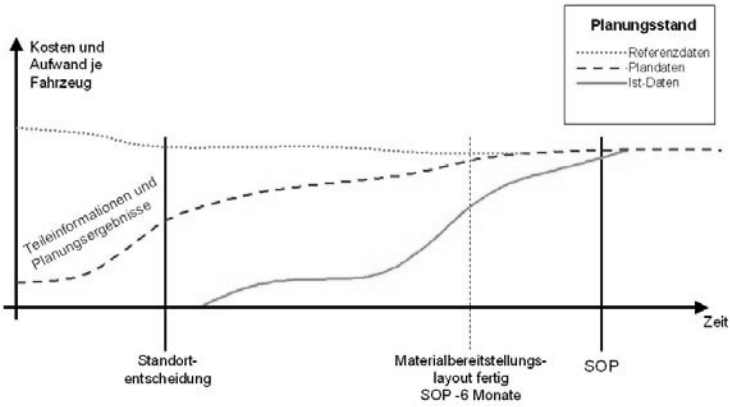

Abbildung 6.16: Datenversorgung während verschiedener Planungsphasen

Erstellung von Planungsszenarien

Im Bereich der Logistikplanung ist es wichtig, Planungsalternativen in Form von *Szenarien* abbilden und deren Auswirkungen auf die Kostentreiber bewerten zu können. Es können grundsätzlich Zustandsszenarien und Pfadszenarien unterschieden werden.[41]

Mit Zustandsszenarien werden beispielsweise Fahrzeugprojekte an unterschiedlichen Standorten bewertet. Dies kann während der Phase der Standortentscheidung der Fall sein. Nach der Entscheidung wird dann nur noch das favorisierte Planungsszenario weiterentwickelt und detailliert. Wird ein Fahrzeugmodell an zwei Standorten gebaut, werden dauerhaft zwei Planungsszenarien fortgeführt, wobei meist die Ausplanung eines Standortes als Masterprojekt genutzt wird (vgl. Anwendungsfall 6).

In Form von Pfadszenarien werden ineinander übergehende, sich fortentwickelnde Planungsszenarien untersucht, beispielsweise wenn auf einer Montagelinie ein weiteres Derivat zeitlich versetzt einsetzt oder, wie in Abbildung 6.8, Planungsstände für die Folgejahre erstellt werden. Auch in diesem Fall kann ein Großteil der Planungsinformationen aus dem vorhergehenden Planungsszenario übernommen werden. Nur die Unterschiede

[41] vgl. Meyer-Schönherr (1992), S. 15

werden geplant und bewertet.

Die Planung von Szenarien lässt sich mit den im Anwendungsfall 6 beschriebenen Anforderungen zu einer standortübergreifenden Planung abdecken (#16 - #21.2). Die Kopier- und Abgleichsmechanismen sind gleichermaßen zur Abbildung von Pfadszenarien an einem Standort einsetzbar.

Abbildung mehrerer Fahrzeugmodelle

Eine weitere Dimension zur Abgrenzung von Planungsprojekten bildet die Anzahl der Fahrzeugmodelle. Grundsätzlich stellen jeweils ein oder mehrere Fahrzeugmodelle (Produkte) ein separat zu planendes Logistiksystem dar. Dies gilt auch dann, wenn die Modelle auf der gleichen Montagelinie gefertigt werden.

Aufgrund der örtlichen Gegebenheiten (unterschiedliche Hallen, verfügbare Lager- und Pufferflächen, unterschiedliche Säulenraster etc.) müssen eventuell andere Logistikprozesse gewählt und/oder auch andere Ressourcen eingesetzt werden. Das Planungswerkzeug muss die Abbildung verschiedener Fahrzeugmodelle ermöglichen, welche aber zumindest teilweise auf die gleichen Logistikprozesse und Ressourcen zugreifen (#29). Alle Fahrzeugmodelle, die in einem Werk produziert werden, belegen beispielsweise gemeinsam die zur Verfügung stehenden Flächen dieses Werkes. Alle Fahrzeugmodelle nutzen unabhängig vom Produktionsstandort, mit Ausnahme einiger Spezialbehälter, die gleichen Behälter. Das Planungswerkzeug sollte fahrzeugprojektübergreifend die Realisierung von Synergiepotenzialen, z.B. durch die Nutzung oder Wiederverwendung von gleichen Behältern (z.B. durch Retooling), oder die Übernahme bereits existierender Prozesse unterstützen (#30).

Sollen *mehrere Fahrzeugmodelle auf einer Montagelinie* gefertigt werden (#31), ergeben sich bezüglich der Logistikprozesse einige Besonderheiten, die im Planungswerkzeug abgebildet werden müssen:

- Gleichteile zwischen mehreren Fahrzeugmodellen
- Gemeinsame Sequenzierung bei mehreren Fahrzeugmodellen
- Abbildung von Warenkörben

Gleichteile zwischen mehreren Fahrzeugmodellen Werden die gleichen Bauteile in mehreren Fahrzeugmodellen verbaut, handelt es sich um sogenannte „COP-Teile“ (Carry-over-Parts). Das Planungswerkzeug muss dabei unterstützen, diese COP-Teile zu erkennen (#31.1). Werden Gleichteile für beide Fahrzeugmodelle am gleichen Takt verbaut, müssen die Teile nur einmal an der Montagelinie bereitgestellt werden (vgl. Abbildung 6.17). Allerdings ist der Durchsatz der Teile entsprechend höher.

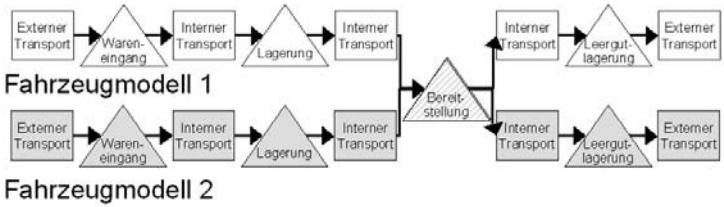

Abbildung 6.17: Bereitstellung von COP-Teilen bei der Fertigung mehrer Fahrzeugmodelle auf einer Montagelinie

Gemeinsame Sequenzierung bei mehreren Fahrzeugmodellen Wenn von einem Bauteil sehr viele verschiedene technische Varianten existieren, können aus Platzgründen nicht alle diese Varianten in eigenen Behältern an der Montagelinie angeliefert werden. Derartige Teile werden „sequenziert“. Mitarbeiter sortieren die Bauteile der Fertigungsreihenfolge entsprechend und stellen eine definierte Anzahl an Fahrzeugaufträgen in einem Behälter oder Wagen an der Montagelinie bereit. Der Fertigungsmitarbeiter vor Ort kann dann die Bauteile aus nur *einem* Wagen entnehmen. Dies muss abbildbar sein (#31.2).

Werden nun mehrere Fahrzeuge auf einer Montagelinie gefertigt, tritt der Fall auf, dass Teile unterschiedlicher Fahrzeugmodelle, die eventuell von unterschiedlichen Teams geplant werden, bei einer Sequenzierung Teile der Logistikkette gemeinsam nutzen (#31.2.1). Wie in Abbildung 6.18 dargestellt, müssen die Ressourcenverbräuche für den „äußeren“ Teil der Logistikkette bis zum internen Transport zur Sequenzierzone und ab dem Leergutrückfluss zum Lieferanten individuell für jedes LogTeil berechnet werden (#31.2.2). Für den „inneren“ Teil der Logistikkette, den Sequenzierprozess an sich, dürfen die Ressourcenverbräuche, beispielsweise die Handlingszeiten für den internen Transport, nur anteilig und mit den eventuell abweichenden Eingangsdaten wie Behälterinhalten etc. berechnet werden. Dies muss im Planungswerkzeug abbildbar sein.

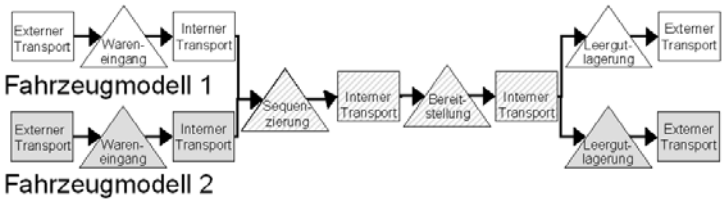

Abbildung 6.18: Gemeinsam genutzte Teile der Logistikkette bei einer fahrzeugmodellübergreifenden Sequenzierung

Abbildung von Warenkörben Unter einem Warenkorb wird eine fahrzeugspezifische Satzbildung verstanden. Ein ähnliches Problem wie bei der Sequenzierung tritt bei der Abbildung von Warenkörben auf. Bei der Warenkorbbildung nutzen allerdings *verschiedene Teile eines Fahrzeugmodells* Teile der Logistikkette gemeinsam (#31.3.). Dies können bei der Fertigung mehrerer Fahrzeugmodelle auf einer Montagelinie im Wechsel die Teile unterschiedlicher Fahrzeugmodelle sein (#31.3.1). Ein Satz gehört jedoch immer zu einem Fahrzeugmodell (vgl. Abbildung 6.19).

Für den gemeinsam genutzten Teil der Warenkorbkette dürfen die Ressourcenverbräuche (z.B. Flächenbedarfe für den Warenkorbbehälter und logistische Handlingszeiten für den Transport und das Handling des Warenkorbs) nur einmal pro Fahrzeugprojekt berechnet werden, da im „inneren“ Teil der Logistikkette mehrere Bauteile als fahrzeugbezogener Satz behandelt werden (#31.3.2).

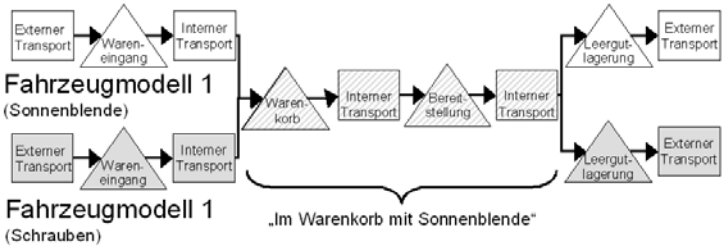

Abbildung 6.19: Gemeinsam genutzte Teile der Logistikkette bei einer fahrzeugspezifischen Warenkorbbildung

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#32	Berichtsmodul	Es ist ein flexibles, einfach zu bedienendes und konfigurierbares Berichtsmodul als Bestandteil der Planungssoftware erforderlich.	funktional	übergreifend
#33	Nutzung Berichte	Die Berichte müssen auf verschiedenen Planungsprojekten startbar sein.	funktional	übergreifend
#34	Qualitätsprüfberichte	Qualitätsprüfberichte sollen den Füllstand des Planungsprojektes erkennbar machen.	funktional	übergreifend
#34.1	Ebene Prozessplaner	Der Prozessplaner soll auf der Bauteile-Ebene fehlende Planungsdaten aufgezeigt bekommen.	funktional	übergreifend
#34.2	Ebene Themenverantwortlicher	Für übergreifende Berichte sollen die fehlenden Bauteile und die jeweils zuständigen Prozessplaner ausgewiesen werden.	funktional	übergreifend
#34.3	Ebene Management	Dem Management muss eine Übersicht zu Füllstand des Projektes zur Verfügung stehen.	funktional	übergreifend

Tabelle 6.9: Anforderungen zu Berichten und Auswertungen

6.8.2 Berichte und Auswertungen

Das Planungswerkzeug muss über ein flexibles, einfach zu bedienendes und anpassbares Berichtsmodul verfügen (#32). Das Berichtswesen muss die möglichen Dimensionen der Planungsprojekte berücksichtigen und auf verschiedenen Planungsprojekten startbar sein (#33), wie dies in Abbildung 6.20 dargestellt ist. In dem Beispiel befindet sich das Fahrzeugprojekt 1 bereits in der Serienproduktion. Das Fahrzeugprojekt 2 ist momentan erst in der Konzeptphase und wird ab 2009 aber im Werk produziert werden. Zur Abbildung des Planungsstandes für 2009 können bereits jetzt beide Fahrzeugprojekte kombiniert (Flächenbedarfe, Handlingszeiten etc.) ausgewertet werden.

Es sollten spezielle *Qualitätsprüfberichte* vorhanden sein (#34). Ein Bericht soll dem Planer auf der Logteil-Ebene detailliert anzeigen, bei welchen LogTeilen noch Planungsdaten fehlen (#34.1). Für die fahrzeugweiten Auswertungen, z.B. von Flächenbedarfen, sollen die Berichte jeweils um Felder ergänzt werden können, die angeben, wie viele LogTeile unterhalb des jeweiligen Startknotens liegen und wie viele LogTeile davon in den Bericht eingegangen sind. Die nicht berücksichtigten Logteile werden inklusive des zuständigen Logistikplaners ausgewiesen (#34.2). Letztlich soll auch dem Management auf der Fahrzeugebene eine Übersicht über den Planungsstatus und den Füllstand des Planungsprojekts zur Verfügung stehen (#34.3). Die Qualität des Berichtsergebnisses kann anhand dieser Informationen besser abgeschätzt werden.

6.8.3 Ergonomie und Aufbau der Masken

Eine weitere Möglichkeit zur Verbesserung der Datenqualität stellt der intuitiv verständliche *Aufbau der Masken* dar (#35). Die Masken sollen so aufgebaut werden können, dass dem Planer rollenspezifisch die wichtigsten Informationen auf einem Blick zur Verfügung stehen.

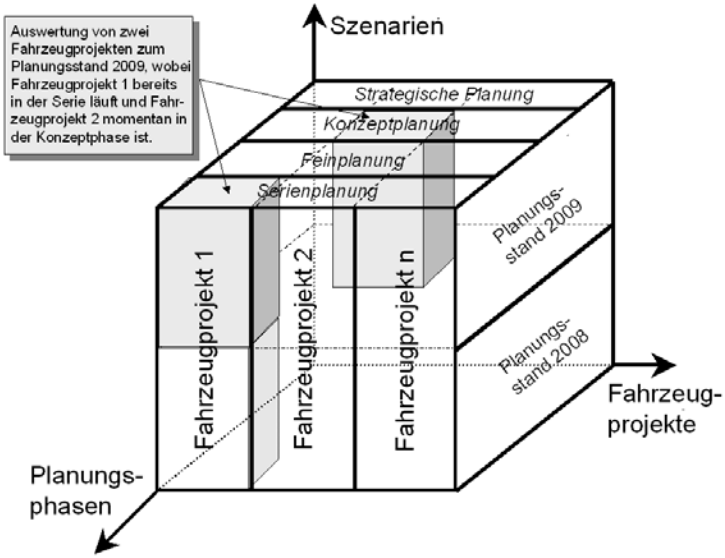

Abbildung 6.20: Berichtserstellung unter Berücksichtiung der Dimensionen der Planungprojekte

Neben Eingabefeldern, die häufig zu Missverständnissen führen, sollten Erklärungen auf den Masken ergänzt werden (#35.1). Formeln können beispielsweise durch Verbindung der Eingabefelder mit Rechenzeichen abgebildet werden. Pfeile können eingesetzt werden, um die Weiterverwendung von Werten in anderen Formeln etc. auf der Maske zu visualisieren (#35.2).

Ein wichtiges Hilfsmittel stellen Tooltipps dar (#35.3). Tooltipps erscheinen, wenn der Mauszeiger über ein Feld oder Attribut bewegt wird. Hier können Erklärungen oder Formeln bei Bedarf angezeigt werden, ohne dass die Masken unnötig mit Informationen überladen werden.

Des Weiteren sollten die *Muss-Eingabefelder* gekennzeichnet werden, die dann auch in den Berichten überprüft werden. Zur Visualisierung können diese beispielsweise farblich hinterlegt werden (#35.4). Dies sollte mit einer rollenspezifischen Unterscheidung der Muss-Felder kombiniert werden. Jede Rolle hat eine Farbe, in der im kompletten Planungswerkzeug die jeweiligen Muss-Felder gekennzeichnet werden. Damit wird die aufgabenorientierte, rollenübergreifende Zusammenarbeit auf einer Maske ermöglicht.

Eine weitere wichtige Anforderung ist die einfache Anpassbarkeit der Masken durch die

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#35	Aufbau der Masken	Der Aufbau der Masken sollte intuitiv verständlich sein. Es sollen rollenspezifisch die wichtigsten Informationen auf einen Blick zur Verfügung stehen.	nicht funktional	übergreifend
#35.1	Erklärungen zu Eingaben	Um Missverständnisse zu vermeiden sollten die Eingabefelder um Erklärungen ergänzt werden.	nicht funktional	übergreifend
#35.2	Nachvollziehbarkeit von Eingaben	Formeln sollen durch Pfeile und Rechenzeichen auf der Eingabemaske visualisiert werden.	nicht funktional	übergreifend
#35.3	Tooltipps	Auf der Eingabemaske sollte Tooltipps vorhanden sein. Diese zeigen Erklärungen und Tipps an, wenn die Maus über Attribute bzw. Felder fährt.	nicht funktional	übergreifend
#35.4	Kennzeichnen der Muss-Felder	Die Muss-Felder auf den Eingabemasken sollten farblich hervorgehoben werden.	nicht funktional	übergreifend
#36	Anpassbarkeit der Masken	Die Masken müssen ohne Programmierkenntnisse angepasst werden können.	funktional	übergreifend
#37	Logische Qualitätsprüfung	Es soll geprüft werden, ob die eingetragenen Werte plausibel und logisch nachvollziehbar sind.	nicht funktional	übergreifend

Tabelle 6.10: Anforderungen zu Ergonomie und Aufbau der Masken

Administratoren. Der Aufbau und die Änderung von Masken müssen ohne Programmierkenntnisse möglich sein (#36).

Bisher wurden eher „strukturelle Qualitätsprüfungen“ gefordert. Es soll geprüft werden, *ob* bestimmte Felder befüllt sind. Allerdings sind die Qualitätschecks auch um „logische Qualitätsprüfungen“ zu ergänzen. Es geht darum, zu erkennen, ob die eingetragenen Werte *plausibel und logisch* nachvollziehbar sind (#37). Dies kann bisher nur durch eine auf Erfahrung und Experten-Know-how basierende Analyse der Berichte und Gegenüberstellung verschiedener Auswertungen erfolgen. Nur auf diese Weise lassen sich unlogische Dateneingaben identifizieren, z.B. wenn eine logistische Operation auf einer nicht dafür vorgesehenen Fläche stattfindet oder einzelne Kennzahlen außergewöhnlich hoch oder niedrig sind. Es ist zu prüfen, ob auf Basis derartiger Erfahrungen Berichte entwickelt werden können, um „Ausreißer“ zu finden und auch logische Prüfungen wenigstens teilweise zu automatisieren.

6.8.4 Berechtigungskonzept

Für eine team-, rollen-, funktionsbereichs- und standortübergreifende Integration und Zusammenarbeit in dem Planungswerkzeug ist ein flexibles und transparentes Berechtigungskonzept zwingend erforderlich (#38). Dies sollte neben dem Zugriff auf die einzelnen Knoten in der Datenstruktur auch den dem Benutzer zur Verfügung stehenden Funktionsumfang (z.B. Filtern auf Stücklisten, Anlegen von Projekten etc.) reglementieren (#38.1).

Zur Festlegung von Zugriffsberechtigungen werden Aktivitäten nicht konkreten Personen, sondern bestimmten Rollen zugeordnet (#38.2). Eine Rolle (vgl. Kapitel 5.3) fasst dabei eine Menge von Fähigkeiten und Kompetenzen zusammen (#38.2.1). Einzelne Personen

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#38	Berechtigungskonzepte	Für die übergreifende Zusammenarbeit (team-, rollen-, gewerks- und standortübergreifend) ist ein flexibles Berechtigungskonzept zwingend erforderlich.	nicht-funktional	über-greifend
#38.1	Zugriffsregelung	Es muss Zugriffsregelungen auf einzelne Knoten in der Datenstruktur und Regelungen über dem Benutzer zur Verfügung stehenden Funktionumfängen geben.	funktional	über-greifend
#38.2	Rollen	Zugriffsberechtigungen werden bestimmten Rollen, nicht Personen, vergeben.	nicht-funktional	über-greifend
#38.2.1	Rollen	Eine Rolle fasst eine Menge von Fähigkeiten und Kompetenzen zusammen.	nicht-funktional	über-greifend
#38.2.2	Rollen	Einzelne Personen in derselben Rolle sind austauschbar.	nicht-funktional	über-greifend
#38.2.3	Rollen	Eine Person kann mehrere Rollen einnehmen.	nicht-funktional	über-greifend
#39	Berücksichtigung der Aufbauorganisation	Neben Rollen muss es auch teamgebundene Zugriffsberechtigungen geben.	funktional	über-greifend
#39.1	Zugriffsrechte	Die Vergabe für Zugriffsberechtigungen für einzelne User auf andere Fahrzeugprojekte müssen steuerbar sein.	funktional	über-greifend
#39.1.1	Gewerkeübergreifend	Attribute, die in der Verantwortung des anderen Gewerkes liegen, dürfen nicht geändert werden können.	funktional	über-greifend
#39.1.2	Gewerkeübergreifend	Es sollten dem jeweils anderen Gewerk nur die für eine Zusammenarbeit notwendigen Informationen zugänglich sein.	funktional	über-greifend
#39.2	Rollenspezifische Masken	Eingaben auf einer Maske sollten rollenspezifisch gesperrt oder freigegeben werden können.	funktional	über-greifend

Tabelle 6.11: Anforderungen zum Berechtigungskonzept

in derselben Rolle sind austauschbar (#38.2.2). Es ist möglich, dass ein Anwender auch mehrere Rollen einnehmen kann (#38.2.3).

Neben den rollenspezifischen Aufgaben bildet die Zugehörigkeit einer Person zu einer bestimmten organisatorischen Einheit oder zu einem Team (Organisationsmodell) eine weitere Basis für das Zugriffsmodell (#39). Aus dem Organisationsmodell ergeben sich die Fahrzeugprojekte für die eine Person Schreibrechte besitzt. Erst die *Kombination aus Rollenkonzept und Organisationsmodell* legt somit letztendlich die Zugriffsberechtigungen für die Benutzer fest.

Innerhalb der Logistik Die Vergabe von Lese- und Schreibrechten für unterschiedliche Anwender auf anderen Fahrzeugprojekten muss steuerbar sein (#39.1). Jeder Anwender der Logistik soll alle anderen Fahrzeugprojekte zu Vergleichszwecken und zur Informationsbeschaffung einsehen können, darf aber nur die Fahrzeugprojektdaten verändern, die in seiner Zuständigkeit liegen. Dies gilt auch für eine Übergabe eines Planungsstandes nach SOP an die Serienplanung. Die Schreibrechte gehen dann von der Planungsabteilung an die zuständigen Serienplaner über.

Funktionsbereichsübergreifend Arbeiten zwei Funktionsbereiche, z.B. die Fertigungsplanung und die Logistik, an einem Fahrzeugprojekt, dürfen Attribute, die in der Verantwortung des anderen Funktionsbereichs liegen, nicht von den anderen Anwendern geändert werden können (#39.1.1). Um die Komplexität für die Anwender nicht unnötig zu erhöhen, sollten nur die für eine Zusammenarbeit notwendigen Informationen dem

jeweils anderen Funktionsbereich zugänglich sein. Die übrigen funktionsbereichsspezifischen Masken und Strukturelemente sollten ausgeblendet werden können (#39.1.2).

Rollenspezifisch Auch die Steuerung von Eingaben auf einer Maske sollte rollenspezifisch gesperrt oder freigegeben werden können (#39.2). Beispielsweise darf nur ein Fahrzeugprojektkoordinator Zielwerte in der Investverfolgung eingeben. Somit wird erreicht, dass unterschiedliche Rollen in Schnittstellenbereichen gemeinsam auf einer Maske mit allen zu diesem Vorgang gehörenden Informationen zusammenarbeiten können. Weiterhin sollte es ermöglicht werden, Masken rollenspezifisch ein- und ausblenden zu können. Dies wäre ein Weg, die Komplexität in dem Planungswerkzeug weiter zu reduzieren.

6.8.5 Aufgabenübergreifende Integration der Werkzeuge und Methoden

Auch aus einer Werkzeugsicht ist eine Integration zu fordern. Die verschiedenen im Rahmen dieser Arbeit dargestellten Methoden zur Abbildung der Logistikprozesse und zur Kalkulation der Logistikkosten müssen mit den Methoden der Digitalen Fabrik, wie der 2D-/3D-Visualisierung und der Simulation (vgl. Kapitel 4.2), auf einer gemeinsamen Datenbasis einsetzbar sein (#40).

Anforderung #	Bezeichnung	Beschreibung	Anforderungstyp	Anwendungsfall
#40	Integration der Methoden und Werkzeuge	Integration der Methoden zur Abbildung der Logistikprozesse und zur Kalkulation der Logistikkosten mit der 2D-/3D-Visualisierung und der Simulation auf einer gemeinsamen Datenbasis.	funktional	übergreifend
#40.1	Statische Konfiguration des Logistiksystems	Das Planungswerkzeug soll eine schnelle statische Vorkonfiguration des Logistiksystems ermöglichen.	funktional	übergreifend
#40.2	Grobplanung in 2D	Eine Visualisierung der statisch geplanten logistischen Abläufe und Flächenzuordnungen sollen für eine Grobplanung in 2D möglich sein.	funktional	übergreifend
#40.3	Ladezeiten in 2D	Der Bildschirmaufbau muss auch beim Zoomen oder Scrollen "flüssig" sein.	nicht-funktional	übergreifend
#40.4	Visualisierung in 3D	Die Planungsergebnisse sollen auch in 3D-Layouts visualisiert werden können.	funktional	übergreifend
#40.5	Ergonomieunter-suchungen	Für eine Feinplanung sollen auch Ergonomie- und Belastungsuntersuchungen durchführbar sein.	funktional	übergreifend
#40.6	Unterstützung der Behälterplanung	3D-orientierte Unterstützung bei der Planung der Spezialbehälter und der Bestimmung der Behälterfüllgrade soll möglich sein.	funktional	übergreifend
#40.7	Unterstützung der Behälterplanung	Die Integration der Simulation zur Absicherung und Validierung der Planungsergebnisse muss möglich sein.	funktional	übergreifend

Tabelle 6.12: Anforderungen zur aufgabenübergreifenden Integration der Werkzeuge und Methoden

Ein wichtiges Kriterium ist die Integration. Wird beispielsweise ein Behälter im 3D-Layout von einer Lagerhalle in eine andere verschoben, muss diese Information auch dem Prozessplaner mitgeteilt werden. Ändert sich umgekehrt in der Materialflussplanung der Lieferantenstandort und steigt die aufgrund der nun längeren Entfernung zum Lieferanten vorzuhaltende Anzahl an Behältern im Lager, muss dies auch im 3D-Layout

Berücksichtigung finden und die notwendige Lagerfläche muss vergrößert werden. Dieser Informationsaustausch wird dadurch erschwert, dass die eher teileorientierte statische Materialflussplanung und die eher strukturorientierte Layoutplanung meist durch unterschiedliche Personen wahrgenommen werden.

Ziel ist, dem Planer je nach Planungsphase und eigenen Vorlieben das jeweils passende Planungswerkzeug zur Verfügung zu stellen. Es muss möglich sein, in einer tabellenorientierten Ansicht sehr schnell Zuordnungen von Teilen zu Lagerflächen vornehmen zu können und diese Fläche dann grob im 2D-Layout vorzudefinieren. Anschließend muss bei Bedarf auf der gleichen Datenbasis in der 3D-Ansicht die millimetergenaue Positionierung der entsprechenden Behälter und eine Ergonomieuntersuchung der Teileentnahme unterstützt werden.

Statische Abbildung der Logistikprozesse und Kalkulation der Logistikkosten

Zunächst wird im Planungsprozess das Logistiksystem statisch auf Basis der Stücklisten und der Prozesskettenmodelle beschrieben (vgl. Kapitel 4.3). Mit Hilfe des in Kapitel 4.4 beschriebenen Kalkulationsschemas können sehr schnell, sowohl auf der Teile-Ebene als auch auf der teileübergreifenden Ebene, erste Auswertungen und Optimierungen vorgenommen werden. Das Logistiksystem wird vorkonfiguriert (#40.1).

2D-basierte Visualisierung zur Grobplanung

Die statisch geplanten logistischen Abläufe und Flächenzuordnungen sollen für eine Grobplanung in 2D visualisiert werden können. Es müssen gesamtheitlich für das Logistiksystem die Flächenaufteilungen gemäß der statisch ermittelten Flächenbedarfe vorgenommen werden können (#40.2). Ebenso müssen die Fahrtrouten und Transportwege geplant und visualisiert werden. Diese Planungen bilden die Basis für die 3D-orientierte Feinplanung. Die Ladezeiten und der Bildschirmaufbau müssen so schnell sein, dass ein „flüssiges“ Arbeiten möglich ist (#40.3).

3D-Visualisierung zur Feinplanung und für Ergonomieuntersuchungen

Die Planungsergebnisse sollen auch in 3D-Layouts visualisiert werden können (#40.4). 3D-Layouts stellen ein wichtiges Hilfsmittel zur Unterstützung der Kommunikation dar und helfen frühzeitig Fehler in der Planung zu erkennen. Die zentrale Aufgabe der Digitalen Fabrik ist, funktionsbereichsübergreifend die Bereitstellung des Materials an der Montagelinie für den Mitarbeiter optimal zu gestalten. Die Behälter müssen im 3D-Layout

an der Montagelinie positioniert oder in ein Regal eingeordnet werden können. Weitere wichtige Einsatzmöglichkeiten für die 3D-orientierte Layoutplanung sind die Planung von Lagerlayouts und Sequenzierzonen. Für bestimmte ausgesuchte Bereiche muss im Rahmen der Feinplanung auch eine Ergonomie- und Belastungsuntersuchung des jeweiligen Logistikers oder Fertigungsmitarbeiters auf dem erstellten 3D-Layout möglich sein (#40.5).

Die Behälterplaner müssen durch ein entsprechendes 3D-orientiertes Werkzeug bei der Planung der Spezialbehälter für bestimmte Bauteile unterstützt werden. Eine weitere Aufgabe stellt die Bestimmung des optimalen Füllgrades für sämtliche relevanten Bauteile in Standardbehältern dar (#40.6). Eine wichtige Eingangsgröße bilden hier die Teilegeometrien. Die Planungsergebnisse zu den Behältern (Behältermaße, 3D-Abbildungen, Kosten etc.) und den Füllgraden müssen den Prozessplanern zur Verfügung gestellt werden können.

Dynamische Untersuchung und Absicherung der Planung mit Simulation

Eine weitere Anforderung an eine methodische Unterstützung bildet die Integration der Simulation zur Absicherung und Validierung der Planungsergebnisse (#40.7). Der Einsatz der Simulation soll helfen, die Planungssicherheit zu erhöhen und Planungsfehler zu vermeiden, die notwendigen Investitionen zu verringern, die dynamischen Zusammenhänge eines Systems kennen zu lernen und die Folgen bestimmter Maßnahmen abschätzen zu können.[42] Ein hoher Nutzen des Einsatzes der Simulation ist vor allem bei einem hohen Investitionsvolumen und hoher Komplexität der Strukturen und Abläufe zu erwarten, wenn also vor dem Hintergrund komplexer Zielsysteme Probleme nicht mehr allein statisch lösbar und für den Planer nicht mehr gesamtheitlich erfassbar sind.[43]

Ein wichtiges Kriterium für die Qualität der Simulationsergebnisse ist allerdings die Qualität der Eingangsdaten. Daher ist die Idee der Virtuellen Logistik, das Logistiksystem mit Hilfe des Planungswerkzeugs bereits vorzukonfigurieren und somit die Simulation mit konsistenten Daten zu versorgen. Durch die Simulation der Logistikprozesse und der diese durchlaufenden Bauteile kann wiederum das Logistiksystem auf Machbarkeit und eventuelle Fehler getestet werden. Simulation stellt ein erweitertes Werkzeug dar, um mit Hilfe einer dynamischen Betrachtung die statischen Planungsergebnisse abzusichern und Parameter zu ermitteln.[44]

[42] vgl. Kuhn/Reinhardt/Wiendahl (1993), S. 57-65
[43] vgl. Kuhn/Reinhardt/Wiendahl (1993), S. 64 und S. 43-44
[44] vgl. Pawellek/Schönknecht (2004), S. 1

Ein großes Problem der Simulation bildet die Datenversorgung. Aufgrund des hohen Aufwandes zur Datenbeschaffung werden Simulationen in der Praxis häufig nur einmalig durchgeführt. Als Basis dient ein Datensatz, der meist bereits zum Zeitpunkt der Simulation dem aktuellen Planungsstand um Monate „hinterherhinkt“. Mit dem Planungswerkzeug soll die Simulation stärker in die tägliche Arbeit der Planer eingebunden werden. Ein einmalig zu erstellendes und zu verifizierendes Simulationsmodell kann während der Planungsphase mehrmals mit geringem Aufwand mit dem aktuellen Planungsstand befüllt werden. Somit können die Vorteile zur Visualisierung und Plausibilisierung, die die Simulation bietet, verstärkt genutzt werden und auch der Planungsfortschritt kann dynamisch untersucht werden. Fließen die Erkenntnisse, die aus der Simulation gewonnen werden konnten in die anderen Handlungsfelder wie die Materialflussplanung oder die Layoutgestaltung zurück, ist der Datenkreislauf geschlossen.

7 Zusammenfassung der Arbeit

In diesem Kapitel werden die Forschungsergebnisse der Arbeit nochmals zusammengefasst und es wird überprüft, ob die Forschungsfragen, die in Kapitel 2.2 gestellt wurden, ausreichend beantwortet werden konnten. Des Weiteren wird die Anwendung des auf Basis dieser Arbeit entwickelten Planungswerkzeugs in der Praxis und der weitere Forschungsbedarf skizziert.

7.1 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse

Bedingt durch verschiedenene Einflüsse steigt die Komplexität der Aufgabe der Logistikplanung. Gleichzeitig rücken die Logistikkosten stärker in den Fokus. Auch die Logistik muss ihren Beitrag zu Kosteneinsparungen durch effizientere, von Anfang an optimierte Abläufe leisten. Dies begründet die Notwendigkeit einer *Rationalisierung und Standardisierung des Logistikplanungsprozesses*. Da ein Großteil der Produktkosten bereits in der Entwicklungsphase festgelegt wird, muss auch die Logistikplanung *vor SOP* stattfinden. Hier bietet sich durch

- einen früheren Start der Planung,
- bessere Datenversorgung der Planer,
- standardisierte Planungsverfahren,
- Wiederverwendung von Planungsergebnissen und
- Plausibilisierung und Visualisierung der Planungsergebnisse mit Hilfe der Werkzeuge der Digitalen Fabrik

erhebliches Einsparungs- und Verbesserungspotenzial.

In der vorhandenen Literatur lässt sich jedoch eine Konzentration auf die Logistik nach SOP feststellen. In Kapitel 2 wird gezeigt, dass vor dem Hintergrund des Produktlebenszyklus die Handlungsfelder der Logistik vor SOP bisher kaum untersucht wurden. Die

vorhandenen Aufgaben- und Lösungsbeschreibungen konzentrieren sich auf die Optimierung bestehender Logistiksysteme und sind für die ganzheitliche Gestaltung von Logistiksystemen nicht ausreichend. Im Bereich der logistischen Informationssysteme besteht eine *Lücke für die frühen Phasen des Produktlebenszyklus*. Auch die Werkzeuge der Digitalen Fabrik fokussieren bisher eher auf die Produktentwicklung und die Planung der Produktionsprozesse. Diese Lücke gilt es durch den Einsatz von CAP-Systemen (Computer Aided Planning) in der Logistik zu schließen.

Zunächst muss der zu untersuchende Bereich der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ *abgegrenzt und definiert* werden. Der Prozess der Logistikplanung kann in unterschiedliche Phasen unterteilt werden (vgl. Kapitel 3.2), in denen unterschiedliche Aufgaben im Vordergrund stehen. An die Phase der „strategischen Logistikplanung vor SOP“, in der die Standortentscheidung getroffen wird, schließt sich die „taktische Logistikplanung vor SOP“ (ca. 3 Jahre vor SOP bis 3 Monate nach SOP) an. Die Hauptaufgabe in dieser Phase ist, die Logistikprozesse und -strukturen detailliert zu planen und die logistischen Betriebsmittel zum SOP in einen betriebsbereiten Zustand zu versetzen. Die darauf folgende Phase des Anlaufmanagements überführt die geplanten Prozesse dann in einen geregelten Serienbetrieb. Das Anlaufmanagement bildet den Mittler zwischen der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ und der Serienphase. Die Anlaufphase findet bereits *auftragsorientiert* statt, während die Standortplanung und die Prozess- und Strukturplanung *auftragsunabhängig* ablaufen (vgl. Abbildung 3.1).

Die „taktische Logistikplanung vor SOP“ wird als eine das Fließsystem konfigurierende, nur einmalig zu treffende Maßnahmen umfassende, teilebasierte, prozessbasierte, kostenorientierte, engpasssensitive und Strukturen und Prozesse integriert berücksichtigende Planung definiert (vgl. Kapitel 3.3).

Die ausführliche *Beschreibung der Aufgaben* der Logistikplanungsabteilungen in Kapitel 3.4 vermittelt ein grundlegendes Verständnis für den Problembereich und das Umfeld, für das ein Planungswerkzeug entwickelt werden soll. Im Rahmen der bei der AUDI AG durchgeführten Delphi-Studie werden erste Anforderungen an ein Planungswerkzeug für die Logistikplanungsabteilungen erhoben. Als besonders dringend erweist sich eine Unterstützung für die Aufgaben an der Schnittstelle zwischen der Materialflussplanung und der Behälterplanung. Die Planungen müssen detailliert abgebildet werden können und eine umfassende Prozesskostenrechnung für die Logistik wird verlangt (vgl. Kapitel 3.5).

Mit der erforderlichen Softwareunterstützung kann der Planungsprozess der Logistik bereits vor SOP auf Basis von CAD-Modellen der Bauteile und den Stücklistendaten durchgeführt werden. Die hierzu notwendige funktionsbereichsübergreifende Datenvernetzung

und die Integration ermöglichen die Methoden und Werkzeuge der Digitalen Fabrik (vgl. Kapitel 4.2).

Auf der Ebene des Geschäftsmodells werden die Rahmenbedingungen dazu erarbeitet, *wie die Logistikkosten bereits vor SOP ermittelt* werden können und welche *Daten* dazu benötigt werden. Durch den Einsatz von Prozesskettenmodellen zur Abbildung der logistischen Abläufe verfügt die Logistik über detaillierte, kostenträgerindividuelle Beschreibungen ihrer Prozesse. Das Logistiksystem kann konfiguriert werden.

In Kombination mit dem in Kapitel 4.4 entwickelten analytischen Kostenplanungs- und Kalkulationsmodells steht der Logistik ein planungsbegleitend einsetzbares Schnellkalkulationsverfahren zur Verfügung, mit dem logistische Planungsalternativen bewertet werden können. Das Logistiksystem wird bereits vor SOP in einem experimentierfähigen Modell abgebildet, das eine teile- und prozessbasierte Planung der Logistikkosten ermöglicht.

Im Rahmen des *Geschäftsprozessreferenzmodells* wird im Kapitel 4.5 schließlich ein *zweistufiger Soll-Planungsablauf* skizziert, der die rollen- und funktionsbereichsübergreifenden Planungsschritte enthält und das Kostenplanungsmodell in seiner Anwendung beschreibt.

Durch die gezielte Veränderung von Parametern lassen sich die logistischen Prozesse in vielfältiger Weise analysieren (vgl. 4.5.2). Auf der teileübergreifenden Ebene können durch verschiedene ABC-Analysen die größten Kostenverursacher identifiziert und gezielt optimiert werden. Die Entdeckung von Ressourcenengpässen bereits in der Planungsphase ermöglicht der Führungsebene frühzeitig zu reagieren und in den Planungsablauf durch entsprechende Vorgaben korrigierend eingreifen zu können. Beispielsweise trägt auch der Einsatz von Opportunitätskosten für die Inanspruchnahme der Ressourcen zu einem kostenbewussteren Verhalten der Planer bei und eröffnet dem Management eine Möglichkeit, den Ressourceneinsatz über unterschiedliche Kostensätze gezielt zu steuern.

Wirtschaftlich sinnvoll lässt sich ein derart rechen- und datenintensives Planungsverfahren jedoch nur mit einer Software-Unterstützung einsetzen. Als Grundlage für eine Programmierung des Planungswerkzeugs müssen die zur Umsetzung des Geschäftsmodells notwendigen Geschäftsprozesse auf der Ebene eines Fachkonzepts detaillierter und unter Einsatz formaler Beschreibungsmethoden ermittelt werden. Das Kapitel 5 beinhaltet somit die Beantwortung der Forschungsfragen 3a-d.

Die Steuerungssicht detailliert den Soll-Planungsablauf für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ und spiegelt auch die dynamischen Aspekte des Planungsablaufes und die

zur Optimierung wiederholt zu durchlaufenden Rückkopplungsschleifen wider. Die in dem Planungswerkzeug durchzuführenden Aufgaben (vgl. Kapitel 5.3) und die am Planungsprozess beteiligten Rollen und deren Aufgabengebiete (vgl. Kapitel 5.4) werden beschrieben. Die speziellen Anforderungen zur Abbildung und Analyse des Logistiksystems setzen ein passendes Datenmodell voraus, das in Kapitel 5.5 in Form eines ER-Modells vorliegt. Alle zur Beschaffung der Sachgüter werden durch das Planungswerkzeug unterstützt (vgl. Kapitel 5.6).

Die in der Steuerungssicht erarbeiteten Geschäftsprozesse werden in Anwendungsfälle überführt. Aus diesen werden die *Anforderungen an ein Planungswerkzeug* für die „taktische Logistikplanung vor SOP“ strukturiert abgeleitet. Anforderungen beschreiben am deutlichsten die Intention und die Essenz eines Anwendungssystems und sind Gegenstand des Lastenhefts.

Diese in Kapitel 6 strukturiert dokumentierten Anforderungen bilden die Brücke zwischen der Geschäftsprozessgestaltung im Rahmen des Business Engineering und dem Software Engineering. Folgendes Zitat soll die Notwendigkeit der Geschäftsprozessmodellierung im Rahmen des Business Engineerings im Zusammenspiel mit der Anforderungsdefinition an ein Softwaresystem verdeutlichen: *„The hardest single part of building a software system is deciding precicely what to build. [...] No other part of the work so cripples the resulting system if done wrong. No other part is more difficult to rectify later.“*[1]

Durch das Planungswerkzeug werden lange bevor ein Fahrzeug gebaut wird die Ziele, ein effizientes und effektives Logistiksystem zu gestalten, die Machbarkeit des Logistikkonzepts nachzuweisen und damit kostenintensive Fehler im Fahrzeuganlauf zu vermeiden, unterstützt. Die von Klaus geforderte Erstkonfiguration des Fließsystems kann vorgenommen werden und die für einen störungsfreien Ablauf der Prozessketten in einem Unternehmen notwendigen Geschäftsbereitschaftsprozesse werden vorgeschaltet. Die Betriebsmittel und Logistikeinrichtungen werden geplant, beschafft und in einen betriebsbereiten Zustand versetzt.[2] Das Anlaufmanagement, also die problemlose effiziente Überführung eines neuen Modells in die Serienfertigung, wird durch optimierte und auf Machbarkeit überprüfte Prozesse unterstützt. Außerdem kann eine geschlossene Datenkette für ein Fahrzeugprojekt erhalten werden, um vorhandene Erfahrungen und Prozess-Know-how für neue Fahrzeuge wieder verwenden zu können.[3]

[1] Brooks (1987), S. 17; zitiert nach Schienmann (2002), S. 303
[2] vgl. Klaus (2002), S. 98 und S. 108-109
[3] vgl. Knoblach/et al. (2000), S. 2-7

7.2 Praxiseinsatz und weiterer Forschungsbedarf

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Konzept bildet die Basis für das Planungswerkzeug „Process Designer Logistic“ das im Rahmen des Projekts „ViLog“ (Virtuelle Logistik) federführend durch die AUDI AG in Zusammenarbeit mit Siemens PLM entwickelt wurde. Das Projekt ist ein Bestandteil der Digitalen Fabrik des VW Konzerns und beinhaltet neben standardisierten Planungs- und Bewertungsmethoden auch innovative Werkzeuge, wie die 3D-Layoutplanung.

Der „Process Designer Logistic“ befindet sich bereits an über 10 Standorten bei allen Marken des VW Konzerns im produktiven Einsatz. Da Software ein *implementiertes Referenzmodell* darstellt[4], kann der bereits hohe Verbreitungsgrad der Software als ein Indiz für die Allgemeingültigkeit des Referenzmodells für die gesamte Automobilindustrie angesehen werden. Das vorgeschlagene Konzept sollte auch zur Unterstützung logistischer Planungsaufgaben in vielen anderen Bereichen und Industrien geeignet sein. Die Untersuchung dieser Annahme war jedoch nicht Gegenstand dieser Arbeit. Die Prüfung dieser Hypothese sollte in weiteren Forschungsarbeiten vorgenommen werden.

Weiter untersucht werden sollte ebenfalls, wie das vorhandene Planungswerkzeug in den der „taktischen Logistikplanung vor SOP“ vor- und nachgelagerten Planungsphasen eingesetzt werden kann und welche Erweiterungen hierzu notwendig sind. Grundsätzlich basieren auch die Standortplanung und die Werkslayout- oder Anordnungsplanung auf sehr ähnlichen Basisdaten und Lösungsmethoden. Auch die Ausweitung des Einsatzes in Richtung der Serienplanung wird als sinnvoll und notwendig erachtet. Ein Vorteil wäre, dass somit für die Planung künftiger Fahrzeugmodelle immer aktuelle Daten zu Strukturen und Prozessen vorhanden wären.

Auch in methodischer Hinsicht sollte das vorgeschlagene Konzept noch erweitert werden. Die Planungswerkzeuge von Siemens PLM bieten Layoutplanungs- und Simulationsfunktionalitäten, die heute auch bereits an verschiedenen Stellen genutzt werden. Eine systematische, wissenschaftlich fundierte Ausarbeitung eines Integrationskonzeptes dieser Funktionalitäten und Aufgaben in den Soll-Planungsablauf der Logistik erscheint jedoch als notwendig.

Das Ziel ist der Aufbau eines Planungswerkzeuges zur integrierten, funktionsbereichsübergreifenden, die komplette Supply Chain (von der Montagelinie bis zum Lieferanten) und den kompletten Planungsprozess (vom Planungsstart über SOP bis EOP) umfassenden Planungsunterstützung in der Logistik. Somit wird eine Optimierung logistischer Pro-

[4] vgl. Fettke/Loos (2004), S. 336

zesse und Betriebsmittel nach dem line-back-Prinzip bereits in sehr frühen Phasen des Produktentwicklungsprozesses bei noch geringen Änderungskosten unterstützt und das Anlaufmanagement für neue Fahrzeugmodelle verbessert.

Hier wird die Überzeugung vertreten, dass durch die Kombination der Erfahrung, der Problemlösungskompetenz und der Kreativität gut ausgebildeter Logistikplaner mit der Unterstützung durch eine frühzeitig im Planungsprozess verfügbare Datenbasis und adäquate Planungswerkzeuge im Rahmen der Digitalen Fabrik ein signifikanter Beitrag zur nachhaltigen Senkung der Logistikkosten geleistet werden kann.

„Computer sind schnell, genau und dumm. Menschen sind langsam, ungenau und brillant. Zusammen sind sie stärker als man glaubt.“[5]

[5] Albert Einstein; zitiert nach Schütt (2000), S. 31

Literaturverzeichnis

Arnold, D. (2003) Materialfluß in Logistiksystemen, Berlin (Springer Verlag)

Arnold, V./Dettmering, H./Engel, T./Karcher, A. (2005) Product Lifecycle Management beherrschen - Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Ballou, R. (1999) Business Logistics Management, New York

Balzert, H. (2000) Lehrbuch der Softwaretechnik - Software-Entwicklung, 2. Auflage, Heidelberg Berlin (Spektrum Akademischer Verlag)

Balzert, H. (2005) Lehrbuch der Objektmodellierung - Analyse und Entwurf mit der UML 2, 2. Auflage, München (Spektrum Akademischer Verlag)

Bauer, A./Günzel, H. (2001) Data Warehouse Systeme - Architektur, Entwicklung, Anwendung, Heidelberg (dpunkt-Verlag)

Berlien, O. (1993) Controlling von Make-or-Buy - Konzepte und Möglichkeiten der strategischen Unternehmensführung, Ludwigsburg Berlin (Verlag Wissenschaft & Praxis)

Berthel, J. (1975) Betriebliche Informationssysteme, Stuttgart (Schäffer-Poeschel Verlag)

Bernemann, S. (2002) Eignung und Anwendungsmöglichkeiten von Methoden und Werkzeugen, in: Wiendahl (Hrsg.) Erfolgsfaktor Logistikqualität - Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung, 2. Auflage, Berlin, S. 55-72

Bierwirth, T. (2004) Virtuelle Logistikplanung für die Automobilindustrie - Methoden und Modelle im Rahmen der Digitalen Fabrik, Aachen

Bongulielmi, L./Henseler, P./Zwicker, E. (2003) Das Digitale Produkt - Grundlage für den IT-unterstützten Verkaufs- und Logistikprozess, Industrie Management 19 1, S. 17-20

Bracht, U./Bierwirth, T. (2003) Virtuelle Logistikplanung - Methoden und Modelle zur Abbildung und Bewertung logistischer Prozesse im Rahmen der Digitalen Fabrik, in: ZWF Jahrgang 98, Ausgabe 5, S. 219-223

Brocke vom, J. (2003) Referenzmodellierung - Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen, Berlin

Bröhl, A. (2002), Das SAP-Implementierungsmodell der Bundeswehr im Programm SAS-PF (Standard-Anwendungs-Software-Produktfamilien), in: Scheer, A.-W./Jost, W.: ARIS in der Praxis. Gestaltung, Implementierung und Optimierung von Geschäftsprozessen, Berlin Heidelbert (Springer Verlag)

Brooks, F. P. (1987) The Mythical Man-Month - Essays on Software Engineering, (Addison-Wesley Verlag)

Bruns-Vietor, S. (2004) Logistik, Organisation, Netzwerke: Eine radikal konstruktivistische Diskussion des Fließsystemansatzes, Frankfurt am Main (Peter Lang Verlag)

Coenenberg, A. G. (1999) Kostenrechnung und Kostenanalyse, 4. Auflage, Landsberg/Lech

Cuhls, K. (2000) Wie kann ein Foresight-Prozess in Deutschland organisiert werden? Gutachten, Friedrich-Ebert-Stiftung, Düsseldorf

Däumler, K.-D./Grabe, J. (2004) Kostenrechnung 3 - Plankostenrechnung und Kostenmanagement, 7. Auflage, Herne Berlin (Verlag NWB)

Dangelmaier, W. (2001) Fertigungsplanung - Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung, 2. Auflage, Berlin Heidelberg New York (Springer Verlag)

Dangelmaier, W. (2003) Produktion und Information - System und Modell, Berlin Heidelberg New York (Springer Verlag)

Dombrowski, U. (2006) Logistikgerechte Produktentwicklung und schlanke Fabrikplanung für eine effiziente Automobil-Logistik, Tagungsband „Automobil-Logistik - Optimierung der Wertschöpfung durch effiziente Logistikkonzepte“, Vortrag Nr. 1, 12./13. Dezember 2006, Aschheim

Dombrowski, U./Tiedemann, H. (2002) Modellfabriken. Klassifizierung und Nutzung im Rahmen von Fabrikplanung. WT Werkstattstechnik, Band 92, S. 128-132

Domschke, W./Scholl, A. (2003) Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre - Eine Einführung aus entscheidungsorientierter Sicht, 2. Auflage, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Duffield, C. (1993) The Delphi technique: acomparison of results obtaining using two expert panels, in: International Journal of Nursing Studies 30, S. 227-237

Ehrmann, H. (2003) Logistik, 4. Auflage, Ludwigshafen (Kiehl Verlag)

Ferstl, O. K./Sinz, E. J. (1998) Grundlagen der Wirtschaftsinformatik, 3. Auflage, München Wien (Oldenbourg Verlag)

Fettke, P./Loos, P. (2004) Referenzmodellierungsforschung, in: Wirtschaftsinformatik 46, S. 331-340

Fitzek, D. (2005) Anlaufmanagement in Netzwerken - Grundlagen, Erfolgsfaktoren und Gestaltungsempfehlungen für die Automobilindustrie, Bern Stuttgart Wien (Haupt Verlag)

Fleischmann, B. (2002) Begriffliche Grundlagen, in: Arnold, D./ Isermann, H./Kuhn, A./Tempelmeier, H.: Handbuch der Logistik, Berlin Heidelberg New York (Springer Verlag), S. A1-3 - A1-12

Fleischmann, B./Meyr, H. (2003) Optimierungsmethoden in Advanced Planning Systemen, URL:http://www.pm.tu-berlin.de/PM/inhalt/de/forschung/scm-ag/2003_05_23/Fle_Meyr_Frankfurt_03.pdf, abgerufen am 15.06.2003

Forbrig, P./Kerner, I. O. (2004) Lehr- und Übungsbuch - Softwareentwicklung, München Wien

Gluchowski, P./Gabriel, R./Chamoni, P. (1997) Management Support Systeme - Computergestützte Informationssysteme für Führungskräfte und Entscheidungsträger, Berlin

Göpfert, I. (1999) Zukunft der Logistik, Wiesbaden

Göpfert, I. (2000) Zukunft der Logistik, 2. Auflage, Wiesbaden

Gordon, T. J./Helmer, O. (1964) Report on a Long Range Forecasting Study, Rand Paper P-2982, Santa Monica

Grochla, E. (1978) Einführung in die Organisationstheorie, Stuttgart (Poeschel Verlag)

Grünig, R. (1996) Das Planungskonzept - Instrument zur Gestaltung der Planung und ihrer Kontrolle, Bern (Haupt Verlag)

Haberstock, L. (1999) Kostenrechnung II, (Grenz-) Plankostenrechnung, 8. Auflage, Hamburg

Häder, M. (2002) Delphi-Befragungen, Wiesbaden

Häder, M./Häder, S. (1995) Delphi und Kognitionspsychologie, Ein Zugang zur theoretischen Fundierung der Delphi-Methode, in: ZUMA-Nachrichten 37, S. 8-34

Hammer, M./Champy, J. (1993) Business Reengineering - Die Radikalkur für das Unternehmen, (Campus Verlag), Frankfurt/New York

Hartmann, G./Schmidt, U. (2004) mySAP Product Lifecycle Management - Strategie - Technologie - Implementierung, 2. Auflage, Bonn (Galileo Press)

Heinrich, L. J./Roithmayr, F. (1998), Wirtschaftsinformatiklexikon, 6. Auflage, München Wien (Oldenbourg Verlag)

Helfrich, C. (2002) Praktisches Prozessmanagement - Vom PPS-System zum Supply Chain Mangagement, 2. Auflage, München Wien (Carl Hanser Verlag)

Hellingrath, B. (2006) Das 5-Tage-Auto: Logistische Herausforderungen einer kundenspezifischen Produktion, Fachtagung Automobil-Logistik, 12./13. Dezember 2006, München, Vortrag Nr. 8

Hennings, F./Otto, A./Steinke, K.-H./Treek, S./Vossen, S./Wölfling, B. (2003), in: Delfmann, W./Reihlen, M. (Hrsg.) Controlling von Logistikprozessen - Analyse und Bewertung logistischer Kosten und Leistungen, Stuttgart

Hoerster, N. (1992) Norm, in: Seiffert, H. Radnitzky, G. (Hrsg.) Handlexikon der Wissenschaftstheorie, München, S. 231-234

Horváth, P./Mayer, R. (1989) Prozesskostenrechnung. Der neue Weg zu mehr Kostentransparenz und wirkungsvollen Unternehmensstrategien, in: Controlling, Heft Nr. 4

Horváth, P. (2003) Controlling, 9. Auflage, München (Vahlen Verlag)

Hummel, S./Männel, W. (1999) Kostenrechnung 1 - Grundlagen, Aufbau und Anwendung, 4. Auflage, Wiesbaden (Gabler Verlag)

IEEE Std 830 (1998) IEEE Recommended Practice of Software Requirements Specifications

Jahn, C./Richter, K. (2003) Kopplung digitaler und realer Logistiksysteme - Potentiale und Perspektiven für Planung und Betrieb, in: Begleitband zur 9. Magdeburger Logistik-Tagung „Logistik aus technischer und ökonomischer Sicht“, 20./21. November 2003, S. 264-278

Kilger, W./Pampel, J./Vikas, K. (2007) Flexible Plankostenrechnung und Deckungsbeitragsrechnung, 12. Auflage, Wiesbaden (Gabler Verlag)

Kirchhoff, S. et al. (2003) Fragebogen: Datenbasis. Konstruktion. Auswertung, Opladen

Klaus, P. (1993) Die dritte Bedeutung der Logistik, Nürnberger Logistik-Arbeitspapier, 1993

Klaus, P. (1998) Jenseits der Funktionenlogistik - Der Prozeßansatz, in: Isermann, H. (Hrsg.) Logistik - Gestaltung von Logistiksystemen, Landsberg/Lech, S. 61-78

Klaus, P. (2002) Die dritte Bedeutung der Logistik - Beiträge zur Evolution logistischen Denkens, Hamburg

Klug, F. (2006) Synchronised automotive logistics: an optimal mix of pull and push principles in automotive supply networks, in: von Bourlakis, M./ Cullinane, K./ Mulley, C./Nelson, J., Newcastle (Hrsg.) Logistics Research Network 2006 Conference Proceedings, S.187-191

Knoblach, J./Obertopp, F./Schindler, V./Wiesmüller, J. (2000) Von der Idee zur Serie - Virtuelle Produkte und Virtuelle Produktion, in: Reinhart G. (Hrsg.) Virtuelle Produktion: Produkt- und Prozesssimulation, Augsburg, 23. November 2000

Kotler, P./Bliemel, F. (2001) Marketing Management - Analyse, Planung und Verwirklichung, 10. Auflage, Stuttgart (Schäffer-Poeschel Verlag)

Kromrey, H. (1998) Empirische Sozialforschung, Modelle und Methoden der Datenerhebung und Datenauswertung, Opladen, S. 360

Kuhn, A. (1995) Prozeßketten in der Logistik - Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien, Dortmund (Verlag Praxiswissen)

Kuhn, A./Reinhardt, A./Wiendahl, H.-P. (1993) Handbuch Simulationsanwendungen in Produktion und Logistik

Leffingwell, D./ Widrig, D. (1999) Requirements Management. A Unified Approach, (Addison-Wesley Verlag)

Liebetruth, T./Otto, A. (2006) Ein formales Modell zur Auswahl von Kennzahlen, Controlling, 18. Jg., Heft 1, S. 13-23

Liker, J. K./Meier, D. (2006) The Toyota Way Fieldbook - A Practical Guide for implementing Toyota's 4Ps, New York u.a. (McGraw-Hill)

Linstone, H. A./Turoff, M. (1975) The Delphi-Method: Techniques an Applications, London (Addison-Wesley Verlag)

Longmuß, J. (2003) Der Referenzprozess - Eine Leitlinie für den gesamten Produktentstehungsprozess, in: Konstruktion, Nr. 9, Berlin (Springer Verlag), S.64-67

Mayer, R. (1991) Prozeßkostenrechnung und Prozeßkostenmanagement: Konzept, Vorgehensweise und Einsatzmöglichkeiten, in: IFUA Horváth & Partner GmbH, Prozeßkostenmanagement - Methodik, Implementierung, Erfahrungen, München (Vahlen Verlag)

Meier, H./Hanencamp, N. (2003) Modellierung und Planung komplexer Produktionssysteme, Industrie Management 19 Nr. 4, S. 50-53

Meyer-Schönherr, M. (1992) Szenario-Technik als Instrument der strategischen Planung, Ludwigsburg (Verlag Wissenschaft und Praxis)

Menges, R. (2005) Frühzeitige Produktbeeinflussung und Prozessabsicherung - Die Digitale Fabrik ist der Schlüssel zum Erfolg, ZWF 100 1-2, S. 25-29

Mertens, P. (2005) Integrierte Informationsverarbeitung 1 - Operative Systeme in der Industrie, 15. Auflage, Wiesbaden (Gabler Verlag)

Mertens, P./Griese, J. (2000) Integrierte Informationsverarbeitung 2 - Planungs- und Kontrollsysteme in der Industrie, 8. Auflage, Wiesbaden (Gabler Verlag)

Müller, H. (1996) Prozeßkonforme Grenzplankostenrechnung - Stand, Nutzanwendungen, Tendenzen, 2. Auflage, Wiesbaden (Gabler Verlag)

Murry, J.W./Hammons, J.O. (1995) Delphi: A Versatile Methodology for Conducting Qualitative Research, in: The Review of Higher Education, 8 Nr. 4, S. 424-436

Oberniedermaier, G. (2000) Vertriebslogistik mit SAP/R3 - Konzeption und Implementierung des R/3-Moduls SD, München (Addison-Wesley Verlag)

Olfert, K. (2005) Kostenrechnung, 14. Auflage, Ludwigshafen (Kiehl Verlag)

Ohno, T. (1993) Das Toyota-Produktionssystem, Frankfurt/Main (Campus Verlag)

Opitz, H. (1970) Moderne Produktionstechnik, Essen

Parenté, F. J./Anderson-Parenté, J.K. (1987) Delphi Inquiry Systems, in: Wright, G./Ayton, P. (Hrsg.) Judgemental Forecasting, New York, S. 129-156

Pawellek, G./Martens, I. (2004a) Den Überblick bewahren, in: Logistik Heute - Das Fachmagazin für Entscheider in der Logistik, 26. Jahrgang, Heft 4 2004, S. 40-41

Pawellek, G./Martens, I.(2004b) Operative und strategische Auswirkungen der LKW-Maut auf die Beschaffung, URL: http://www.tu-harburg.de/logistik/PDF-Dokumente/Vortragsunterlage_BME-Veranstaltung OsnabrueckFCck 040127 pdf [abgerufen am 20.05.2004]

Pawellek, G./Schönknecht, A. (2004) Simulation in der Materialflusstechnik und Logistik, URL; http://www.fglnet.de/fileadmin/FGLHamburg/pdfdocs/Beitrag_Logistikkatalog.pdf, [abgerufen am 14.05.2004]

Pfeiffer, W./Weiß, E. (1994) Lean Management - Grundlagen der Führung und Organisation lernender Unternehmen, Berlin

Pfohl, H. C. (1990) Logistiksysteme, 4. Auflage, Berlin (Springer Verlag)

Pfohl, H. C. (2000) Logistiksysteme, 6. Auflage, Berlin (Springer Verlag)

Picot, A./Reichwald, R./Wigand, R. T. (2001) Die grenzenlose Unternehmung - Information, Organisation und Management, 4. Auflage, Wiesbaden

Pohl, K. (1996) Process-Centered Requirements Engineering, New York u.a. (Research Studies Press)

Porst, R. (2000) Praxis der Umfrageforschung, Stuttgart

Rapp, T. (1999) Produktstrukturierung - Komplexitätsmanagement durch modulare Produktstrukturen und -plattformen, Wiesbaden (Gabler Verlag)

Reichert M./Rinderle, S. (2002) Änderungsrechte in adaptiven Workflow-Management-Systemen, in: Horster, P. (Hrsg.) Sichere Geschäftsprozesse, St. Leon-Rot, S. 30-42

Reinhard, G./Grunwald, S./Rick, F. (1999) Virtuelle Produktion - Virtuelle Produkte im Rechner produzieren, In: VDI-Z, 141, 12, S. 26-29

Rössle, M. (1999) Flussorientierte Logistik und integrierte Standardsoftware - Eine Kompatibilitätsanalyse am Beispiel SAPR/3, Wiesbaden (Deutscher Universitäts-Verlag GmbH)

Rupp, C. (2001) Requirements-Engineering and -Management. Professionelle, iterative Anforderungsanalyse für IT-Systeme, München Wien (Hanser Verlag)

Günther, H. O./Tempelmeier, H. (2005) Produktion und Logistik, 6. Auflage, Berlin (Springer Verlag)

Scharbert, K. (2005) Requirements Analysis realisieren, Wiesbaden (Vieweg Verlag)

Scheer, A.-W. (1990) EDV-orientierte Betriebswirtschaftslehre, 4. Auflage, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Scheer, A.-W. (1998a) ARIS - Vom Geschäftsprozeß zum Anwendungssystem, 3. Auflage, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Scheer, A.-W. (1998b) Wirtschaftsinformatik - Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse, 2. Auflage, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Scheer, A.-W. (2001) ARIS - Modellierungsmethoden - Methoden - Anwendungen, 4. Auflage, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Schienmann, B. (2002) Kontinuierliches Anforderungsmanagement - Prozesse - Techniken - Werkzeuge, München (Addison-Wesley Verlag)

Schneider, M. (2004) Softwaregestützte Logistikplanung bei der AUDI AG, Tagungsband „Industrieforum 2004 - Collaborative Business: Vision oder Realität?“, 12./13. Mai 2004, Wolfsburg, Vortrag Nr. 5

Schneider, M. (2007a) Virtuelle Logistik in der Automobilindustrie - Softwareunterstützte Planung logistischer Prozesse und Strukturen (Teil 1), in: ZWF (2007) 1+2, S. 78-81

Schneider, M. (2007b) Virtuelle Logistik in der Automobilindustrie - Softwareunterstützte Planung logistischer Prozesse und Strukturen (Teil 2), in: ZWF (2007) 3, S. 164-168

Schneider, M./Otto, A. (2006) Taktische Logistikplanung vor Start-of-Production (SOP), in: Logistikmanagement 8 Nr. 2, S. 58-69

Schneider M./Völker S. (2006) Virtuelle Logistikplanung - Standortübergreifende Planung logistischer Abläufe, in: Prof. Dr.-Ing. habil. Michael Schenk (Hrsg.), Virtual Reality und Augmented Reality zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme, Tagungsband der 9. Wissenschaftstage des IFF, 21./22. Juni 2006, Magdeburg

Schönsleben, P. (2000) Integrales Logistikmanagement - Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen, 2. Auflage, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Schönsleben, P. (2001) Integrales Informationsmanagement - Informationssysteme für Geschäftsprozesse - Management, Modellierung, Lebenszyklus und Technologie, 2. Auflage, Berlin Heidelberg (Springer Verlag)

Schütt, P. (2000) Wissensmanagement - Mehrwert durch Wissen - Nutzenpotenziale ermitteln - Den Wissenstranfer organisieren, Niederhausen (Falken Gabler)

Schütte, R. (1998) Grundsätze ordnungsmäßiger Referenzmodellierung - Konstruktion konfigurations- und anpassungsorientierter Modelle, Wiesbaden

Schulte, C. (1995) Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, 2. Auflage, München (Vahlen Verlag)

Schulte, C. (2005) Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, 4. Auflage, München (Vahlen Verlag)

Standish Group (Hrsg.) (1995) The Scope of Software Development Project Failures - CHAOS-Report.

Straube, F. (2004) E-Logistik - Ganzheitliches Logistikmanagement, Berlin

Striening, H.-D. (1988) Prozessmanagement. Ein Versuch zur Hebung der Produktivitätsreserven im indirekten Bereich, in: Technologie & Management, 37. Jg., Nr. 3, S. 16-26

Szyperski, N. (1989) Handwörterbuch der Planung, Stuttgart (Schäffer-Poeschel Verlag)

VDI (2005) Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen: Maschinennahe Simulation. VDI-Richtlinie 3633, Blatt 8, VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik 2005, S. 3

Vester, F. (1999) Die Kunst vernetzt zu denken - Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität, Stuttgart (Deutsche Verlagsanstalt GmbH)

Weber, J. (2002a) Logistikkostenrechnung - Kosten-, Leistungs- und Erlösinformationen zur erfolgsorientierten Steuerung der Logistik, 2. Auflage, Stuttgart (Springer Verlag)

Weber, J. (2002b) Logistik- und Supply Chain Controlling, 5. Auflage, Stuttgart (Schäffer-Poeschel Verlag)

Weber, J./Kummer, S. (1998) Logistikmanagement, 2. Auflage, Berlin (Schäffer-Poeschel Verlag)

Wenzel, S. (2004) Die Digitale Fabrik - Ein Konzept für interoperable Modellnutzung, in: Industrie Management, Jahrgang 20, Nr. 3, S. 54-58

Wittmann, W. (1959) Unternehmung und vollkommene Information - unternehmerische Voraussicht, Ungewißheit und Planung, Köln

WKWI (1994) Profil der Wirtschaftsinformatik, Ausführungen der Wissenschaftlichen Kommission der Wirtschaftsinformatik. Wirtschaftsinformatik, 36 (1), S. 80-81

Zäh, F./Patron, C./Fusch, T. (2003) Die Digitale Fabrik - Definition und Handlungsfelder, ZWF Jahrgang 98, 2003, S. 75-77

Abkürzungsverzeichnis

APO	Advanced Planner & Optimizer
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAQ	Computer Aided Quality Assurance
CAP	Computer Aided Planning
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DV	Datenverarbeitung
ER	Entitiy Relationship
FTS	fahrerloses Transportsystem
IT	Informationstechnologie
MTM	Methods-Time-Measurement
OEM	Original Equipment Manufacturer
PDM	Product Data Management
PLM	Product Lifecycle Management
PPS	Produktionsplanungs- und -steuerungssystem
SCM	Supply Chain Management
SOP	Start-of-Production

Anhang A: Fragenbogen 1. Befragungsrunde

A Aktuelle Nutzung

1. Halten Sie es für notwendig, den Planungsprozess softwaretechnisch zu unterstützen?

☐ Ja ☐ Nein

2. Bei dieser Antwort bin ich mir

☐ sehr sicher ☐ sicher ☐ unsicher ☐ völlig unsicher

3. Begründen Sie Ihre Antwort von Frage 1 bitte kurz!

Notwendig, weil/ Nicht notwendig, weil

4. Nutzen Sie aktuell die Planungsdatenbank eM-Planner?

☐ Ja ☐ Nein

Wenn ja, zu wie viel Prozent (bezogen auf das Beplanen des Fahrzeugprojektes)?

☐ < 10% ☐ 10-20% ☐ 20-30% ☐ > 30%

5. Wenn nicht, welche Gründe gibt es für die Nicht-Nutzung?

6. Wie hoch schätzen Sie den Grad, zu dem Sie ein Logistikplanungstool jemals bei Ihrer Planungsaufgabe (Fahrzeug) zu unterstützen vermag?

☐ < 10% ☐ 10-20% ☐ 20-30% ☐ 30-40% ... ☐ 60-70% ☐ 70-80% ☐ 80-90% ☐ > 90%

A Aktuelle Nutzung

7. Welche Erwartungen haben Sie dabei an das Tool?

7.1 Bezüglich der zukünftigen Nutzung („Was fehlt bzw. was soll das Tool in Zukunft leisten)?

7.2 Bezüglich der Nutzungsfunktionen?

8. Besteht bei Ihnen aktuell Schulungsbedarf?

☐ Ja ☐ Nein

9. Wie hoch schätzen Sie jeweils diesen Bedarf in den folgenden Bereichen?

(1= sehr hoch/ 2 =hoch/ 3= gering/ 4= sehr gering)

	1	2	3	4
Regelmäßige Schulungen (4x/Jahr)	☐	☐	☐	☐
Schulungen bei Neufunktionen	☐	☐	☐	☐
Betreuung (z.B. in Form einer Hotline)	☐	☐	☐	☐
Handbuch	☐	☐	☐	☐

10. Haben Sie zu diesem Teil Anregungen bzw. Ergänzungen?

B Handlungsfelder und Planungsphasen

1 Komplexitäts- und Änderungsmanagement

1.1 Ist eine softwaretechnische Unterstützung beim Komplexitäts- und Änderungsmanagement sinnvoll?

☐ Ja ☐ Nein

1.2 Wird das Komplexitäts- und Änderungsmanagement bereits durch ein Tool unterstützt?

☐ Ja ☐ Nein Wenn ja, durch welches: _____

1.3 Wie hoch schätzen Sie die Nutzen- bzw. Optimierungspotentiale, die (noch) in der softwaretechnischen Umsetzung des Komplexitäts- und Änderungsmanagement liegen?

☐ sehr hoch ☐ hoch ☐ gering ☐ sehr gering

1.4 Bei welchen wichtigen Entscheidungen wird das Komplexitäts- und Änderungsmanagement noch nicht (ausreichend) softwaretechnisch unterstützt?

_____

_____

_____

1.5 Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Strategischen Planung: _____

_____

Konzeptplanung: _____

_____

Feinplanung: _____

_____

Serienplanung (nach SOP): _____

_____

1.6 Bewerten Sie nun bitte die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung bezüglich der verschiedenen Planungsphasen!

(1 = sehr hoch/ 2 = hoch/ 3 = gering/ 4 = sehr gering)

1	2	3	4	
☐	☐	☐	☐	Strategische Planung
☐	☐	☐	☐	Konzeptplanung
☐	☐	☐	☐	Feinplanung
☐	☐	☐	☐	Serienplanung

B Handlungsfelder und Planungsphasen

2 Behälterplanung

2.1 Ist eine softwaretechnische Unterstützung bei der Behälterplanung sinnvoll?

☐ Ja ☐ Nein

2.2 Wird die Behälterplanung bereits durch ein Tool unterstützt?

☐ Ja ☐ Nein Wenn ja, durch welches: _____

2.3 Wie hoch schätzen Sie die Nutzen- bzw. Optimierungspotentiale, die (noch) in der softwaretechnischen Umsetzung der Behälterplanung liegen?

☐ sehr hoch ☐ hoch ☐ gering ☐ sehr gering

2.4 Bei welchen wichtigen Entscheidungen wird die Behälterplanung noch nicht (ausreichend) softwaretechnisch unterstützt?

_____

_____

_____

2.5 Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Strategischen Planung: _____

_____

Konzeptplanung: _____

_____

Feinplanung: _____

_____

Serienplanung (nach SOP): _____

_____

2.6 Bewerten Sie nun bitte die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung bezüglich der verschiedenen Planungsphasen!

(1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering)

	1	2	3	4
Strategische Planung	☐	☐	☐	☐
Konzeptplanung	☐	☐	☐	☐
Feinplanung	☐	☐	☐	☐
Serienplanung	☐	☐	☐	☐

B Handlungsfelder und Planungsphasen

3 Sourcing-Prozess

3.1 Ist eine softwaretechnische Unterstützung beim Sourcing-Prozess sinnvoll?

☐ Ja ☐ Nein

3.2 Wird der Sourcing-Prozess bereits durch ein Tool unterstützt?

☐ Ja ☐ Nein Wenn ja, durch welches: _____

3.3 Wie hoch schätzen Sie die Nutzen- bzw. Optimierungspotentiale, die (noch) in der softwaretechnischen Umsetzung des Sourcing-Prozesses liegen?

☐ sehr hoch ☐ hoch ☐ gering ☐ sehr gering

3.4 Bei welchen wichtigen Entscheidungen wird der Sourcing-Prozess noch nicht (ausreichend) softwaretechnisch unterstützt?

_____

_____

_____

3.5 Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Strategischen Planung: _____

_____

Konzeptplanung: _____

_____

Feinplanung: _____

_____

Serienplanung (nach SOP): _____

_____

3.6 Bewerten Sie nun bitte die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung bezüglich der verschiedenen Planungsphasen!

(1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering)

	1	2	3	4
Strategische Planung	☐	☐	☐	☐
Konzeptplanung	☐	☐	☐	☐
Feinplanung	☐	☐	☐	☐
Serienplanung	☐	☐	☐	☐

B Handlungsfelder und Planungsphasen

4 Materialflussplanung

4.1 Ist eine softwaretechnische Unterstützung bei der Materialflussplanung sinnvoll?

☐ Ja ☐ Nein

4.2 Wird die Materialflussplanung bereits durch ein Tool unterstützt?

☐ Ja ☐ Nein Wenn ja, durch welches: _____

4.3 Wie hoch schätzen Sie die Nutzen- bzw. Optimierungspotentiale, die (noch) in der softwaretechnischen Umsetzung der Materialflussplanung liegen?

☐ sehr hoch ☐ hoch ☐ gering ☐ sehr gering

4.4 Bei welchen wichtigen Entscheidungen wird die Materialflussplanung noch nicht (ausreichend) softwaretechnisch unterstützt?

_____

_____

_____

4.5 Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Strategischen Planung: _____

_____

Konzeptplanung: _____

_____

Feinplanung: _____

_____

Serienplanung (nach SOP): _____

_____

4.6 Bewerten Sie nun bitte die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung bezüglich der verschiedenen Planungsphasen!

(1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering)

	1	2	3	4
Strategische Planung	☐	☐	☐	☐
Konzeptplanung	☐	☐	☐	☐
Feinplanung	☐	☐	☐	☐
Serienplanung	☐	☐	☐	☐

B Handlungsfelder und Planungsphasen

5 Bewertungen sowie Logistikkosten- und F-Zeitenverfolgung

5.1 Ist eine softwaretechnische Unterstützung bei den Bewertungen sowie bei der Logistikkosten- und F-Zeitenverfolgung sinnvoll?

☐ Ja ☐ Nein

5.2 Werden die Bewertungen sowie die Logistikkosten- und F-Zeitenverfolgung bereits durch ein Tool unterstützt?

☐ Ja ☐ Nein Wenn ja, durch welches: _____

5.3 Wie hoch schätzen Sie die Nutzen- bzw. Optimierungspotentiale, die (noch) in der softwaretechnischen Umsetzung dieses Bereiches liegen?

☐ sehr hoch ☐ hoch ☐ gering ☐ sehr gering

5.4 Bei welchen wichtigen Entscheidungen werden die Bewertungen / Logistikkosten- und F-Zeitenverfolgung noch nicht (ausreichend) softwaretechnisch unterstützt?

_____

_____

_____

5.5 Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Strategischen Planung: _____

_____

Konzeptplanung: _____

_____

Feinplanung: _____

_____

Serienplanung (nach SOP): _____

_____

5.6 Bewerten Sie nun bitte die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung bezüglich der verschiedenen Planungsphasen!

(1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering)

1	2	3	4	
☐	☐	☐	☐	Strategische Planung
☐	☐	☐	☐	Konzeptplanung
☐	☐	☐	☐	Feinplanung
☐	☐	☐	☐	Serienplanung

B Handlungsfelder und Planungsphasen

6. Reihen Sie nun bitte abschließend aus Ihrer persönlichen Sicht die Wichtigkeit der Umsetzung der verschiedenen Handlungsfelder (Top 3)!

Geben Sie dabei zusätzlich die Planungsphase(n) an, in der die Umsetzung höchste Priorität hat und nennen Sie die sich daraus ergebenden Anforderungen!

	Handlungsfeld	Planungsphase(n)	Anforderungen
1)	_____	_____	_____
		_____	_____
2)	_____	_____	_____
		_____	_____
3)	_____	_____	_____
		_____	_____

7. Haben Sie zu diesem Teil Anregungen bzw. Ergänzungen?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

C Offener Teil

Reihen Sie nun bitte zum Schluss 3 bis 5 Statements zum Thema der Virtuellen Logistik nach ihrer Priorität!

Dabei können Ihnen folgende Überlegungen als Anregung dienen:

- Was muss verbessert werden?
- Welche Hindernisse müssen beseitigt werden?
- Was vermissen Sie allgemein an Unterstützung für die Virtuelle Logistik?

Die Statements sollten der Form nach konstruktive Vorschläge, Ideen und Anregungen sein, um die Virtuelle Logistik bei der AUDI AG voran zu bringen!

Statement 1: _____

Statement 2: _____

Statement 3: _____

Statement 4: _____

Statement 5: _____

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Anhang B: Fragenbogen 2. Befragungsrunde

Handlungsfelder und Planungsphasen

KOMPLEXITÄTS- UND ÄNDERUNGSMANAGEMENT

1 Komplexitäts- und Änderungsmanagement

1.1 Bei folgenden (Problem-)Feldern wird das Komplexitäts- und Änderungsmanagement noch nicht ausreichend unterstützt – nehmen Sie bitte eine erneute Priorisierung dieser vor und bewerten Sie jeweils die mögliche Lösung im eM-Planner [13 Antworten]!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilweise / 4=überhaupt nicht)

Problemfeld	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Abbildung von Variantenbäumen und Varianzlisten [30,77%]		Vorhandene Variantenbäume aus Vamos können mit dem jeweiligen LogTeil bereits verknüpft werden – Erstellung und Filterung von Varianzlisten über Logistikansicht (ABC-Analyse) möglich	1 2 3 4
Bewertung zusätzlicher Varianten bzw. Auswertungen bezüglich der Varianz [23,08%]			
Bewertung Vorgänger-Nachfolger [15,38%]		Mit Einführung TI-Syncro (neues Stücklistensystem) ist diese Auswertung auf Stücklistenbasis möglich	1 2 3 4
Verknüpfung mit den Logistikkosten [15,38%]			

1.2 Bewerten Sie nun bitte die von den Teilnehmern genannten Anforderungen (innerhalb des *Komplexitäts- und Änderungsmanagements*) bezüglich der verschiedenen Planungsphasen sowie die jeweiligen Umsetzungsvorschläge (möglichen Lösungen) im eM-Planner!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilweise / 4=überhaupt nicht)

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Strategische Planung [10 Antworten]:			
Identifikation kritischer Bauteile [50%]		Über Logistikansicht (ABC-Analyse) hinsichtlich der Varianz möglich	1 2 3 4
eM-Planner als Informationsressource (über Modelle, Werke) [20%]		Neue Strukturierung nach Werk Linie-Fahrzeugprojekt und erweiterte Suchmöglichkeiten nach 9-stelliger Teilenummer über alle Modelle in Zukunft vorgesehen	1 2 3 4
Konzeptplanung [12 Antworten]:			
Teilespektrum, LogTeile und Targets definieren [25%]		Ist eine Erweiterung um Target noch vorzunehmen?	1 2 3 4
Varianz- und Variantencontrolling [25%]		Wäre ein Feld für manuelle Einträge der Varianz und der Kommissionierungsreihenfolge hilfreich?!	1 2 3 4
Bewertung Vorgänger-Nachfolger [16,67%]			

KOMPLEXITÄTS- UND ÄNDERUNGSMANAGEMENT

Handlungsfelder und Planungsphasen

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Feinplanung [12 Antworten]:			
Invest-, Target- und Kostenverfolgung [33,33%]			
LISON-Schnittstelle [16,67%]			
Ursache-Wirkungs-Darstellung, Dokumentation, Erstellung von Varianzlisten [16,67%]		Erstellung und Dokumentation von Varianzlisten ist möglich, eine Ursache-Wirkungs-Darstellungs-Int. N vorgesehen!	1 2 3 4
Variantenvermeidung, Varianzverfolgung, Darstellung der Varianz [16,67%]			
Serienphase [10 Antworten]:			
Datendokumentation und -aktualisierung (als Planungsgrundlage für neue Fahrzeugprojekte) [50%]		Sollen IST-Stand und Planungsstand in einem Produkt dargestellt und die jew. Stände farblich kennzeichnen werden?	1 2 3 4
Abgleich mit Produktiv-Daten [30%]		Sollen IST-Stand und Planungsstand in einem Produkt dargestellt und die jew. Stände farblich kennzeichnen werden?	1 2 3 4
Varianzcontrolling (Verfolgung von Komplexität) [20%]		Sollen IST-Stand und Planungsstand in einem Produkt dargestellt und die jew. Stände farblich kennzeichnen werden?	1 2 3 4

Grundsätzliche Anforderungen (1= sehr hoch/ 2= hoch/ 3= gering/ 4= sehr gering):

1	2	3	4	
☐	☐	☐	☐	Durchgängige Datenverfügbarkeit über alle Planungsphasen sowie Historisierung
☐	☐	☐	☐	Prognosefunktion
☐	☐	☐	☐	Wichtig: Übergänge/Übergaben (Planungsphasen/zwischen Abteilungen)

1.3 Bewerten Sie bitte abschließend die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung des *Komplexitäts- und Änderungsmanagements* bezüglich der Planungsphasen unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedeutung im eM-Planner [15 Antworten]!

(1 = sehr hoch/ 2 = hoch/ 3= gering/ 4 = sehr gering; Reihung nach Antworthäufigkeiten)

1	2	3	4	
☐	☐	☐	☐	Strategische Planung [hoch: 46,67%] Identifikation der Top Felder und Vergleich mit einem Vorgänger- bzw. Referenzmodell!
☐	☐	☐	☐	Konzeptplanung [sehr hoch: 46,67%] - Verfolgung der Varianz, Festlegung der Target/Kommissionierungrenzen mit PG und Bewertung der Kostenauswirkung!
☐	☐	☐	☐	Feinplanung [sehr hoch: 53,33%] - Verfolgung, Kostenbewertung, Übergabe der Daten an PG und Darstellung im Layout!
☐	☐	☐	☐	Serienphase [gering: 46,67%] - Datengrundlage für weitere Planungen und Neuplanungen (Daten über die Anzahl der Varianten automatisiert aus der Stückliste über TI-Synchro oder aus Produktionssystemen)!

Handlungsfelder und Planungsphasen

2 Behälterplanung

BEHÄLTERPLANUNG * BEHÄLTERPLANUNG

2.1 Bei folgenden (Problem-)Feldern wird die Behälterplanung noch nicht ausreichend unterstützt – nehmen Sie bitte eine erneute Priorisierung dieser vor und bewerten Sie jeweils die mögliche Lösung im eM-Planner [12 Antworten]!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. / 4=überhaupt nicht)

Problemfeld	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Einheitliche, aktuelle Datenbasis (Standardisierung) [33,33%]			
Entscheidung Standard- oder Spezialbehälter [25%]		Würde die Anbindung des vorhandenen Excel-Sheets (s. Umlaufbiegeberechnung) für diese Entscheidung hilfreich sein?	1 2 3 4
Systemintegration (LISON, ANFO etc.) [25%]		Über CAD-Tool für Planung Spezialbehälter bzw.	1 2 3 4
		LISON-Abgleich für Verpackungsplanung	1 2 3 4
Weiterverwendung vorhandener Behälter [16,67%]		Dies gilt es mit Hilfe eines CAD-Tools zu entscheiden!	1 2 3 4
Investentscheidung, Kostenabschätzungen [16,67%]		Wäre die Aufnahme einer Kostenkalkulation in den eM-Planner hilfreich?!	1 2 3 4

2.2 Bewerten Sie nun bitte die von den Teilnehmern genannten Anforderungen (innerhalb der *Behälterplanung*) bezüglich der verschiedenen Planungsphasen sowie die jeweiligen Umsetzungsvorschläge (möglichen Lösungen) im eM-Planner!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. /4=überhaupt nicht)

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Strategische Planung [11 Antworten]:			
Invest- und Kostenabschätzung [63,64%]			
Identifikation von "Best-Practise"-Behälterkonzepten [18,18%]			
Vergleich mit Vorgängermodell (hfobasis) [18,18%]			
Konzeptplanung [14 Antworten]:			
Invest- und Kostenabschätzung [35,71%]		Nutzt die Anbindung des Excel-Sheets bei der Entscheidung Standard- oder Spezialbehälter?	1 2 3 4
Detailbewertung und Festlegung von Targets [14,29%]			
CAD–Konzepterstellung bzw. Verfügbarkeit technischer Daten [14,29%]		Mit Hilfe eines separaten CAD Tools!	1 2 3 4

Handlungsfelder und Planungsphasen

BEHÄLTERPLANUNG * BEHÄLTERPLANUNG

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Feinplanung [14 Antworten]:			
Termin- und Kostenverfolgung [28,57%]			
Invest-, Status-, Lieferlos- und Änderungsverfolgung [21,43%]			
Datendokumentation sowie –verfügbarkeit [14,29%]		Ist die Anbindung an SAP (angedacht), um BEM-Daten automatisch zu holen, zur Lösung dieser Anforderung hilfreich?	1 2 3 4
Behälterlayout und Layout der Inhalte (Visualisierung) [14,29%]		Mit Hilfe eines separaten CAD-Tools!	1 2 3 4
Serienphase [9 Antworten]:			
Datengrundlage für ein neues Fahrzeugprojekt [44,44%]			
Schwund (Behälterbestand) und Reparaturbedarf pro Behältertyp [22,22%]			
Schnittstelle zu LISON [22,22%]			
Termin- und Kostenverfolgung [22,22%]			
Behälteroptimierung und Änderungsverfolgung [22,22%]			

Grundsätzliche Anforderungen (1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering):

1 2 3 4

☐☐☐☐ Durchgängige Datenverfügbarkeit und Dokumentation über alle Planungsphasen

2.3 Bewerten Sie bitte abschließend die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung der *Behälterplanung* bezüglich der Planungsphasen unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedeutung im eM-Planner [16 Antworten]!

(1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering; Reihung nach Antworthäufigkeiten)

1 2 3 4

☐☐☐☐ Strategische Planung [hoch: 31,25%; sehr gering: 31,25%] - Abschätzung notwendiger Investitionen auf Basis des Vorgängermodells; Über die Funktion Investierfähigung!

☐☐☐☐ Konzeptplanung [hoch: 43,75%]

☐☐☐☐ Feinplanung [sehr hoch: 43,75%]

☐☐☐☐ Serienphase [gering: 37,50%]

Funktion des Datenaustausches zwischen Behälterplanungs- und Materialdistributionsplanungsprozess. Die Bewertung Standard- oder Spezialbehälter ist auf Basis des Excel-Sheets möglich (Anbindung ?). Weitere Aufgaben werden durch andere Tools (wie CAD oder LISON) erfüllt!

SOURCING-PROZESS * SOURCING-PROZESS

Handlungsfelder und Planungsphasen

3 Sourcing-Prozess

3.1 Bei folgenden (Problem-)Feldern wird der Sourcing-Prozess noch nicht ausreichend unterstützt – nehmen Sie bitte eine erneute Priorisierung dieser vor und bewerten Sie jeweils die mögliche Lösung im eM-Planner [12 Antworten]!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. / 4=überhaupt nicht)

Problemfeld	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Alternative Kostenszenarien (Kostenabschätzungen und Kostenbewertungen) [33,33%]		Kosten/Lieferantis lauf FS/GS-Tab hinterlegbar! Hilft die Anbindung der Lieferanten Sheets und des Nominationleiters am LogTeil?	1 2 3 4
Lieferantenvergleiche (Logistikkostenberechnungen) [25%]		Die Datenbasis für die Berechnung ist weitgehend vorhanden - sollen die Entfernungen als Näherungswert noch ergänzt werden?	1 2 3 4
Schnittstelle GAST I (nominierte Lieferanten, Lieferantennummer, Behälterbedarf etc.) [16,67%]		Übernehmen von Lieferanten etc. nicht sinnvoll, da diese kurz nach der Nominierung in anderen Systemen (EBO N) verfügbar sind!	1 2 3 4
GAST I ausreichend! [16,66%]			

3.2 Bewerten Sie nun bitte die von den Teilnehmern genannten Anforderungen (innerhalb des *Sourcing-Prozesses*) bezüglich der verschiedenen Planungsphasen sowie die jeweiligen Umsetzungsvorschläge (möglichen Lösungen) im eM-Planner!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. / 4=überhaupt nicht)

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Strategische Planung [7 Antworten]:			
Kostenbewertungen und -schätzungen [42,86%]		Würde die Anbindung des B-Preise-Excel-Sheets und Speicherung der Ergebnisse im FS/GS Tab helfen?	1 2 3 4
		Zur Frachtberechnung könnte kurzfristig die Entfernung an einen Standortexiern bestimmt werden und dann am Lieferant gespeichert werden (z.B. 1,-€ pro km als Näherungswert)!	1 2 3 4
		Anbindung einer (GEO-)Software?	1 2 3 4
Dokumentation [42,86%]			
Abschätzung und Bewertung von Trends [14,29%]		Datenbasis vorhanden, die Auswertung kann aber nicht im eM-Planner erfolgen, Analyse in Business Objects möglich!	1 2 3 4
Daten für Volumenstromplanung (Lieferantenentfernungen, Transportvolumina) [14,29%]			

Handlungsfelder und Planungsphasen

SOURCING-PROZESS * SOURCING-PROZESS

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Konzeptplanung [7 Antworten]:			
Dokumentation, Archivierung und Verfolgung der Veränderungen [42,86%]		Ist ein Historisierung zwingend nötig?	1 2 3 4
Kostenbewertungen sowie Kostenabschätzungen pro Teil [28,57%]		Problematisch ist die Datenbeschaffung! Ist die Aufnahme einer (GEO-)Software zwingend erforderlich?	1 2 3 4
		Reicht die Lösung über einen Näherungswert aus?	1 2 3 4
Lieferantenfestlegung/Lieferantenauswahl [28,57%]			
Feinplanung [7 Antworten]:			
Dokumentation, Archivierung und Verfolgung der Veränderungen [57,14%]			
Kostenbewertungen sowie Kostenabschätzungen pro Teil [28,57%]			
Unterstützung bei der Transportbündelung sowie Bestimmung der optimalen Lieferfrequenz [28,57%]		Wird diese Anforderung bereits durch die Auswertungsfunktion ausreichend abgedeckt?	1 2 3 4
Serienphase [6 Antworten]:			
Dokumentation, Archivierung und Verfolgung der Veränderungen (als Planungsgrundlage für neue Fahrzeugprojekte) [50%]			
Kosten- und Änderungsverfolgung sowie Controlling [33,33%]		Ist die Aufnahme einer (GEO-)Software hierfür zwingend erforderlich?	1 2 3 4
Anzeige beim Standortwechsel eines Lieferanten [16,66%]			

Grundsätzliche Anforderungen (1= sehr hoch/ 2= hoch/ 3= gering/ 4= sehr gering):

1 2 3 4

☐ ☐ ☐ ☐ Durchgängige Dokumentation (wegen hoher Fluktuation und als Planungsgrundlage für neue Fahrzeugprojekte), Archivierung sowie Verfolgung von Veränderungen

☐ ☐ ☐ ☐ Keine Integration in den e-M-Planner (da GAST ausreichend!)

SOURCING-PROZESS

Handlungsfelder und Planungsphasen

3.3 Bewerten Sie bitte abschließend die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung des *Sourcing-Prozesses* bezüglich der Planungsphasen unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedeutung im eMPlanner [14 Antworten]!

(1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering; Reihung nach Antworthäufigkeiten)

1	2	3	4	
☐	☐	☐	☐	Strategische Planung [hoch: 42,86%; sehr gering: 42,86%]
☐	☐	☐	☐	Konzeptplanung [hoch: 35,71%; gering: 35,71%]
☐	☐	☐	☐	Feinplanung [gering: 42,86%]
☐	☐	☐	☐	Serienphase [gering: 57,14%]

Generell sollte die Unterstützung dieser Phase auf Basis der Umfrageergebnisse und unter Berücksichtigung der Kapazitäten zu einem späteren Zeitpunkt realisiert werden (Ausnahme evtl. Anbindung einer GIS-Software bei Bedarf)

Handlungsfelder und Planungsphasen

4 Materialflussplanung

MATERIALFLUSSPLANUNG

4.1 Bei folgenden (Problem-)Feldern wird die Materialflussplanung noch nicht ausreichend unterstützt – nehmen Sie bitte eine erneute Priorisierung dieser vor und bewerten Sie jeweils die mögliche Lösung im eM-Planner [13 Antworten]!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. / 4=überhaupt nicht)

Problemfeld	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Materialbereitstellplanung [30,77%]			
Ressourcenplanung [23,08%]			
Datenqualität und Datenübergabe an PG (Infoplattform) [23,08%]			
Entscheidung externe/interne Vergabe bzw. Flächenbedarfe (Alternativenszenarien) [15,38%]		Flächenbedarfe sind äußerst komplex, da viele Parameter benötigt werden – daher ist aufgrund der Fehleranfälligkeit auch die Aufnahme der Flächenbedarfe im eM Planner verdächtig?!	1 2 3 4
Simulation der Materialflüsse (Abschätzung der Auswirkungen von Varianten) [15,38%]			

4.2 Bewerten Sie nun bitte die von den Teilnehmern genannten Anforderungen (innerhalb der *Materialflussplanung*) bezüglich der verschiedenen Planungsphasen sowie die jeweiligen Umsetzungsvorschläge (möglichen Lösungen) im eM-Planner!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. / 4=überhaupt nicht)

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Strategische Planung [10 Antworten]:			
Ableitung eines Grobkonzeptes aus dem Vorgängermodell (z.B. erste Kostenvergleiche über Kennzahlen) [40%]			
Bewertung von Standorten und Alternativen [20%]			
Abbildung der Werklayouts [10%]			

Handlungsfelder und Planungsphasen

MATERIALFLUSSPLANUNG

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Konzeptplanung [12 Antworten]:			
Vergleich von Anlieferkonzepten [25%]			
Simulation (von Materialflüssen) [25%]		Umsetzung z.B. für jedes Fahrzeugprojekt zwingend erforderlich?	1 2 3 4
Targetfestlegung [25%]		Target für Invest kann festgelegt werden (Welche Targets sind sonst noch nötig)	1 2 3 4
Aufzeigen der Flächenbedarfe/ -kapazitäten [16,67%]		Sollen Flächenbedarfe mitaufgenommen werden? (sehr komplex, da viele Parameter)	1 2 3 4
Pflege und Dokumentation der Materialströme [16,67%]			
Auswirkung Materialbereitstellung auf F-Zeiten/BNK [16,67%]			
Detaillierung und Verifizierung der Konzepte (Daten) [16,67%]			
Feinplanung [12 Antworten]:			
Anbindung an die Materialbereitstellungsplanung [25%]			
Targetverfolgung bzw. -kontrolle [25%]		Ist dies groß ein Thema für die Berichte?	1 2 3 4
Pflege und Dokumentation der Materialströme [16,67%]			
Detaillierung der Flächenbedarfe/ Anlieferkonzepte [16,67%]			
Ausplanung einer Alternative (mit Berichtswesen) [16,67%]			

MATERIALFLUSSPLANUNG

Handlungsfelder und Planungsphasen

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Serienphase [9 Antworten]:			
Abgleich/Übergabe mit den operativen Produktiv-Daten (Planungsgrundlage für ein neues Fahrzeugprojekt) und Dokumentation von Veränderungen [88,89%]			
Komplette Abbildung und Simulation des Materialflusses [33,33%]			
Berichtswesen [22,22%]			

Grundsätzliche Anforderungen (1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering):

1 2 3 4

☐ ☐ ☐ ☐ Dokumentation und Detaillierung der Daten

☐ ☐ ☐ ☐ Änderungsverfolgung über den gesamten Planungsprozess

☐ ☐ ☐ ☐ Bereinigung um nicht mehr benötigter Daten

4.3 Bewerten Sie bitte abschießend die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung der *Materialflussplanung* bezüglich der Planungsphasen unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedeutung im eM-Planner [15 Antworten]!

(1 = sehr hoch / 2 = hoch / 3 = gering / 4 = sehr gering; Reihung nach Antworthäufigkeiten)

1 2 3 4

☐ ☐ ☐ ☐ Strategische Planung [hoch: 33,33%; gering: 33,33%] – erste Grobkonzepte und Kostenabschätzungen abteilen!

☐ ☐ ☐ ☐ Konzeptplanung [sehr hoch: 40%; hoch: 40%] – Targetfestlegung für Investunt Detaillierung der Daten – auf Flächenbedarfe ist ggf. wegen zu vieler Parameter zu verzichten!

☐ ☐ ☐ ☐ Feinplanung [sehr hoch: 66,67%] – Anbindung an die Materialbereitstellplanung, Dokumentation der Materialströme und weitere Detaillierung der Anlieferkonzepte – Ausplanung einer Alternative!

☐ ☐ ☐ ☐ Serienphase [sehr hoch: 40%] - Problem: unterschiedliche Detaillierungsgrade und Abgleich mit vorhandenen Plandaten. Konzept für Abbildung unterschiedlicher Planungsstände notwendig? Berichtswesen!

PROZESSKOSTENRECHNUNG

Handlungsfelder und Planungsphasen

5 Logistikkosten- und Fertigungszeitverfolgung

Was sich aus den Forderungen allgemein ergibt ist eine *Prozesskostenrechnung*. Diese setzt sich zusammen aus Frachten, Flächenbedarfe und daraus abgeleiteten Kosten, Fertigungszeiten und daraus abgeleiteten Kosten für Personal und Geräte (FFZ, Zugmaschinen,...) sowie Investitionen. Dies sollte über die gesamte Prozesskette für einzelne Log-Teile und für das gesamte Fahrzeug möglich sein. Das *Problem* ist die Umrechnung in das Zielformat: Soll pro Teilefamilie oder pro Fahrzeug berichtet werden? F-Zeiten und Frachtkosten werden normalerweise pro Fahrzeug gerechnet, Flächenkosten pro qm/Monat. Wie sollen Flächenkosten pro Monat auf ein Fahrzeug gerechnet werden? [...]

Eine allgemeine über Auftragsstimmte Lösung ist in dem *Projekt zur Prozesskostenrechnung* zu erarbeiten - eine Umsetzung im eM-Planner ist anschließend erneut zu prüfen.

5.1 Bei folgenden (Problem-)Feldern wird die Prozesskostenrechnung noch nicht ausreichend unterstützt – nehmen Sie bitte eine erneute Priorisierung vor und bewerten Sie die mögliche Lösung im eM-Planner [14 Antworten] !

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. / 4=überhaupt nicht)

Problemfeld	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Frachtkostenberechnung (Prozessdefinition) [21,43%]			
Auswertungen (F-Zeiten und Logistikkosten) [21,43%]			
Transparente Darstellung der F-Zeiten (z.B. über Reports) [21,43%]			
Schnittstelle zu den Produktiv-Daten (F-Zeiten) [14,29%]-			
Kommissionierung über die F-Zeiten [14,29%]		Nutzt die Anbindung des Excel-Sheets zur Berechnung der F-Zeit für Kommissionierungen?	1 2 3 4
F-Zeiten-Verfolgung [14,29%]			

5.2 Bewerten Sie nun bitte die von den Teilnehmern genannten Anforderungen (innerhalb der *Prozesskostenrechnung*) bezüglich der verschiedenen Planungsphasen sowie die jeweiligen Umsetzungsvorschläge (möglichen Lösungen) im eM-Planner!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten; Bewertung/Zustimmung: 1=völlig / 2=größtenteils / 3=teilw. / 4=überhaupt nicht)

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Strategische Planung [8 Antworten]:			
Budgetplanung und Vergleich (auf Basis Vorgänger) [37,50%]			
Abschätzung F-Zeiten-Bedarfe [37,50%]			
Targets abschätzen und ableiten (bei den Logistikkosten) [25%]			

Handlungsfelder und Planungsphasen

PROZESSKOSTENRECHNUNG

Anforderung	Prio	Mögliche Lösung	Bewertung
Konzeptplanung [12 Antworten]:			
Kapazitätsplanung sowie Ableitung von Grobkonzepten [33,33%]			
Festlegung von Targets [16,67%]			
Vergleich und Berichte über Veränderungen [16,67%]			
Feinplanung [11 Antworten]:			
Verfolgung der Prozesskosten [27,27%]			
Festlegung von Targets bzw. Targetverfolgung [18,18%]		!	
Ausplanung der Materialflüsse (F-Zeiten) und Bestimmung der Lieferanten (Frachtkosten) [18,18%]			
Bündelung in Richtung der Lieferanten [18,18%]			
Serienphase [10 Antworten]:			
Controlling und Auswertungen [60%]			
Abgleich mit den Produktiv-Daten und Berichtswesen [30%]			

5.3 Bewerten Sie bitte abschließend die Wichtigkeit (Nutzen) einer softwaretechnischen Umsetzung der *Prozesskostenrechnung* bezüglich der Planungsphasen unter Berücksichtigung der jeweiligen Bedeutung im eM-Planner [14 Antworten]!

(1 = sehr hoch/ 2 = hoch/ 3= gering/ 4 = sehr gering; Reihung nach Antworthäufigkeiten)

1 2 3 4

☐☐☐☐ Strategische Planung [hoch: 33,33%]

☐☐☐☐ Konzeptplanung [hoch: 53,33%]

☐☐☐☐ Feinplanung [sehr hoch: 60%]

☐☐☐☐ Serienphase [hoch: 46,67%]

Offener Teil

Folgende Statements zum Thema der Virtuellen Logistik wurden von den Teilnehmern genannt.

Bitte bewerten Sie zum Abschluss dieser Befragung, die Ihrer Meinung nach wichtigsten fünf Aussagen!

(Reihung nach Antworthäufigkeiten)

- ☐ Schnittstellenmanagement [68,75%] – der Pflegeaufwand ist sehr hoch; zudem besteht das Problem, wie IST- und Plandaten nebeneinander gehalten werden sollen?
- ☐ Planungstätigkeit in einem Tool umsetzen [56,25%] – nicht immer umsetzbar bzw. sinnvoll; jedoch besteht die Möglichkeit, Excel-Sheets (Umlauftage berechnung, Behälterentscheid) an den eM-Planner anzuhängen, die dann auch im eM-Planner gestartet werden können!
- ☐ Einzelprojekte zum Abschluss bringen [50%] – Abstimmung mit Management!
- ☐ Verbesserung der Übersichtlichkeit – Oberflächendesign und des Handling sowie Hinzuziehen eines Fachmann für die Verbesserung der Ergonomie [43,75%] - Verbesserung in Arbeit und es soll auch eine Diplomarbeit dazu geben. Wir bekommen aber mit der V. 7.5 die Möglichkeit, die Masken selbst zu erstellen (dies wird 1 Person zentral bei Auditum)!
- ☐ Performance steigern - Akzeptanzbarriere [43,75%] – in Arbeit (Tecnomatix)
- ☐ Mehr Unterstützung vom Management [25%] - Ohne die ausdrückliche Forderung des Management und auch die Nachfrage nach Planungsergebnissen (z.B. in Form von Berichten) wird sich das Tool nicht durchsetzen!
- ☐ Nutzen aufzeigen (für den einzelnen Planer) - Akzeptanzsteigerung [25%] - Vorschlag eines ganzheitlichen Konzeptes: Schulungen/Wissenstransfer/Betreuung durch KeyUser, Verteilung der Verantwortung auf größeren Personenkreis und Partizipation am Entwicklungsprozess (Überwindung Not Invented-here-Effekt) sowie Unterstützung durch das Management und Performanceverbesserung.
- ☐ Problem: Akzeptanz [25%]
- ☐ Verbesserung der Auswertungsmöglichkeiten (Reports) [18,75%] - Es wird eine Schulung vorbereitet, um Auswertemöglichkeiten und Reports vorzustellen. Dies ist ein wichtiger Punkt um den Nutzen aufzuzeigen und Akzeptanz zu schaffen!
- ☐ Breitere Kommunikation (Konzept bewusst machen, einheitliche Know how über alle Planer, Statusberichte) [18,75%]
- ☐ Prozesssicherheit (Standardisierung) und Abgleich mit NSU?! [18,75%]

Vielen Dank für Ihre Unterstützung!

Anhang C: Auswertungen der Delphi-Studie

Welche Erwartungen haben Sie an das Tool [16 Antworten]?

Die Reihung erfolgte aufgrund der Antworthäufigkeit; Mehrfachnennungen waren möglich!

Bezüglich der zukünftigen Nutzung ("Was felht bzw. was soll das Tool in der Zukunft leisten")?

1) Ableitung von Ergebnissen (verfügbare Auswertungsmöglichkeiten und Reports - Aufzeigen von Veränderungen) **[43,75%]**

1) Handling (Struktur und Übersichtlichkeit) **des eM-Planners (und der Masken)** verbessern **[43,75%]**

3) Ein praxisnahes Tool für den täglichen Einsatz: eM-Planner (keine Doppelarbeit z.B. in Excel bzw. Vernetzung mit anderen Systemen) **[25%]**

3) Berücksichtigung wichtiger **Kennzahlen** (F-Zeiten, Prozess- und Logistikkosten, Umschläge, **Einbaurate,Invest,BNK usw.)** **[25%]**

5) Schaffung von **Schnittstellen** (LISON, operative Logistik, VWT) **[18,75%]**

5) Kosten- und Terminverfolgung (Berichtwesen) **[18,75%]**

7) Abdeckung aller PEP-Phasen (frühe Phasen wegen späterer Vergleichsmöglichkeiten; späte Phasen als Planungsgrundlage und zur Kontrolle von Abweichungen) **[18,75%]**

Bezüglich der Nutzungsfunktionen?

1) Heute: Dokumentationsfunktion (Informationsplattform - Daten erfassen und verfügbar machen für zukünftige Projekte) **[81,25%]**

2) Zukunft: Planungsfunktion (eine Art "aktives Tool" mit flexiblem "Testbereich", welches bspw. aus der Flächenberechnung den Personalbedarf ableitet sowie effektivere Gestaltung der Zusammenarbeit zwischen den Planern und Prozessen) **[62,50%]**

Abbildung C.1: Erwartungen an das Planungswerkzeug

Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Die Reihung erfolgte auf Basis eines Punkteratings!

1) Strategische Planung [Punkte maximal: 45]

1) Ableitung eines Grobkonzeptes aus dem Vorgängermodell bzw. Referenzfahrzeug (z.B.erste Kostenvergleiche über Kennzahlen) **[45]**

2) Bewertung von **Standorten** und **Alternativen** **[33]**

3) Abbildung der **Werklayouts** **[17]**

3) Feinplanung [Punkte maximal: 70]

1) Kontrolle der **F-Zeiten-Targets** (erreicht bzw. reduziert) bzw. **Targetverfolgung** allgemein **[57]**

2) Anbindung an die **Materialbereitstellungsplanung** **[55]**

3) Pflege und **Dokumentation** der **Materialströme** **[48]**

4) Detaillierung der **Flächenbedarfe /Anlieferkonzepte** **[43]**

5) Ausplanung einer Alternative (mit Berichtswesen) **[24]**

2) Konzeptplanung [Punkte maximal: 105]

1) Vergleich von **Anlieferkonzepten** **[88]**

2) Auswirkung Materialbereitstellung auf **F-Zeiten/BNK** **[83]**

3) Targetfestlegung **[73]**

4) Aufzeigen der **Flächenbedarfe/-kapazitäten** (z.B. im GVZ) und Prüfung, ob ausreichend Logistikfläche vorhanden **[71]**

4) Serienplanung (nach SOP) [Punkte maximal: 45]

1) Abgleich/Übergabe mit den operativen **Produktiv-Daten** (*Planungsgrundlage* für ein neues Fahrzeugprojekt) und **Dokumentation von Veränderungen** **[44]**

2) Komplette Abbildung und **Simulation** des **Materialflusses** **[24]**

3) Berichtswesen **[22]**

Grundsätzlich:

1) Dokumentation und **Detaillierung** der **Daten** **[sehr hoch: 66.67%]**
2) Änderungsverfolgung über den gesamten Planungsprozess **[hoch: 66.67%]**
3) Bereinigung nicht mehr benötigter Daten **[hoch: 46,67%]**

Abbildung C.2: Anforderungen Materialflussplanung

Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Die Reihung erfolgte auf Basis eines Punkteratings!

1) Strategische Planung [Punkte maximal: 45]

1) Budgetplanung und **Vergleich** (auf Basis Vorgänger) **[37]**

2) Abschätzung F-Zeiten-Bedarfe - Vergleich und Benchmark (für Standortentscheidung) **[32]**

3) Targets abschätzen und ableiten (bei den Logistikkosten) **[27]**

ad 1) Möglichkeiten für **Kosten-** und **F-Zeiten-Reduzierung** (ggf. Teilebeeinflussung seitens der TE)

2) Konzeptplanung [Punkte maximal: 45]

1) Kapazitätsplanung (Dokumentation der B-Preise sowie Abbildung der IST-F-Zeiten) sowie **Grobkonzepte** (Abschätzungen von Grundbedarfen und Berücksichtigung von Veränderungen - Planungsbasis schaffen) **[41]**

2) Festlegung von **Targets** **[28]**

3) Vergleich und **Berichte** über Veränderungen (u.U. mit der Möglichkeit einer Simulation, um bspw. Auswirkungen einer zusätzlichen Variante aufzuzeigen) **[23]**

3) Feinplanung [Punkte maximal: 60]

1) Verfolgung der **Prozesskosten** (Prozesskostencontrolling, Detaillierung und Optimierung der Prozessketten) **[58]**

2) Ausplanung der **Materialflüsse** (F-Zeiten) und **Bestimmung** der **Lieferanten** (Frachtkosten) **[42]**

3) Festlegung von **Targets** bzw. **Targetverfolgung** **[41]**

4) Bündelung in Richtung der Lieferanten (welche Einflüsse haben die Teileumfänge auf die Frachtträger) **[23]**

4) Serienplanung (nach SOP) [Punkte maximal: 30]

1) Controlling und **Auswertungen** (Optimierungsmöglichkeiten und Potenziale ableiten, Veränderungen aufnehmen sowie aufgrund der Transparenz *Planungsgrundlage* eines neuen Fahrzeugprojekt) **[26]**

2) Abgleich mit den **Produktiv-Daten** und **Berichtswesen** **[17]**

Abbildung C.3: DS Anforderungen Logistikkosten

2.5 Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Die Reihung erfolgte auf Basis eines Punkteratings!

1) Strategische Planung [Punkte maximal: 48]

1) Invest- und Kostenabschätzungen (z.B. auf Basis Vorgängermodell bzw. aus bereits vorhandenen Spezialbehälter) **[48]**

2) Verleich mit **Vorgängermodell (Infobasis)** (z.B. Menge an Spezialbehältern) **[27]**

3) Identifikation von **"Best-Practise"-Behälterkonzepten** (intern und Benchmark mit Mitbewerbern) **[24]**

2) Konzeptplanung [Punkte maximal: 48]

1) Invest- und **Kostenabschätzung** (z.B. für den Entscheid Standard- oder Spezialbehälter) **[48]**

2) Datailbewertung und **Festlegung von Targets** **[32]**

3) CAD - Konzepterstellung (Entwicklung, Untersuchung) und **Verfügbarkeit technischer Daten** **[19]**

3) Feinplanung [Punkte maximal: 64]

1) Termin- und Kostenverfolgung **[62]**

2) Invest-, Status-, Lieferlos- und Änderungsverfolgung (Preis, technische Daten etc.) **[51]**

3) Datendokumentation sowie **-verfügbarkeit** für die Behältertechnik und fürs Controlling (Kosten und Termine) **[33]**

4) Behälterlayout und **Layout** der **Inhalte** (Visualisierung) **[24]**

4) Serienplanung (nach SOP) [Punkte maximal: 80]

1) Datengrundlage für ein neues Fahrzeugprojekt **[75]**

2) Schnittstelle zu **LISON** **[57]**

3) Behälteroptimierung und **Änderungsverfolgung** **[46]**

4) Termin- und Kostenverfolgung **[38]**

5) Schwund (Behälterbestand) und **Reperaturbedarf** (Reperaturverwaltung) pro Behältertyp **[33]**

Grundsätzlich: **Durchgängige Datenverfügbarkeit** (mit zunehmenden Detaillierungsgrad) und Dokumentation über alle Planungsphasen **[sehr hoch: 81,25%]**

Abbildung C.4: Anforderungen Behälterplanung

Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Die Reihung erfolgte auf Basis eines Punkteratings!

1) Strategische Planung [Punkte maximal: 30]

1) Identifikation kritischer Bauteile (hinsichtlich Invest, Kosten und F-Zeiten), z.B. durch Vergleich mit dem Vorgängermodell (**Innovationsbörse**)-Weitergabe an TE ("Forderungskatalog") **[27]**

2) eM-Planner als eine Art **Informationsressource** (über mehere Modelle und Werke hinweg) **[18]**

3) Feinplanung [Punkte maximal: 60]

1) Invest-, Target- und Kostenverfolgung [59]

2) LISON-Schnittstelle [41]

3) Variantenvermeidung (Kostenreduzierungen darstellen) und **Varianzverfolgung** sowie **Darstellung** der **Varianz [27]**

4) Ursache-Wirkungs-Darstellung (was bewirkt eine Änderung hinsichtlich der Varianz) und **Dokumentation** der **Daten** sowie Unterstützung bei der **Erstellung der Varianzlisten [24]**

2) Konzeptplanung [Punkte maximal: 45]

1) Teilespektrum, Topteile und **Targets** definieren **[38]**

2) Varianzcontrolling (Nutzen für den Kunden), **Variantenvermeidung** (Kostenreduzierungen darstellen) und **Varianzentwicklungen** bei vergleichbaren Modellen bzw. Fahrzeugen aufzeigen **[34]**

3) Bewertung von **Vorgänger-Nachfolger-Beziehungen** (Stückliste/Teilenummern) - ggf. Produktbeeinflussung **[23]**

4) Serienplanung (nach SOP) [Punkte maximal: 45]

1) Dokumentation der Daten und Datenaktualisierung (als **Planungsgrundlage** neuer Fahrzeugprojekte) **[40]**

2) Zugriff auf Produktiv-Systeme (Abstimmung mit PG) und **Abgleich** der **Daten [33]**

3) Varianzcontrolling (Verfolgung der Komplexität) **[22]**

Grundsätzlich:

1) Durchgängige Datenverfügbarkeit (mit zunehmenden Detaillierungsgrad) und **Dokumentation** über **alle Planungsphasen** sowie **Historisierung [sehr hoch: 80%]**
2) Prognosefunktion [gering: 46,15%]
3) Wichtig: Übergänge (zwischen den verschiedenen Planungsphasen/von Marken- zu Werklogistikplanung) **[hoch: 53,33%]**

Abbildung C.5: Anforderungen Komplexitäts- und Änderungsmanagement

Welche Anforderungen werden dann in den verschiedenen Planungsphasen an das Tool (eM-Planner) gestellt?

Die Reihung erfolgte auf Basis eines Punkteratings!

1) Strategische Planung [Punkte maximal: 60]

1) Kostenbewertungen (Targetfindung) und **Kostenschätzungen** (z.B. Vergleich mit China) **[58]**

2) Dokumentation (von Anfang an) **[44]**

3) Daten für Volumenstromplanung (Lieferantenentfernungen, Transportvolumina) **[33]**

4) Abschätzung und **Bewertung von Trends** (Verschiebung Richtung Osteuropa, China, Asien, Indien etc.) **[23]**

3) Feinplanung [Punkte maximal: 45]

1) Dokumentation, Archivierung und **Verfolgung der Veränderungen [36]**

2) Kostenbewertungen sowie **Kostenabschätzungen** pro Teil (Aufnahme von VWT-Tarifen) **[29]**

3) Unterstützung bei der **Transportbündelung** (Bündelung Rundlauf-LKW)/Bestimmung der **optimalen Lieferfrequenz [24]**

2) Konzeptplanung [Punkte maximal: 45]

1) Dokumentation, Archivierung und **Verfolgung der Veränderungen [37]**

2) Kostenbewertungen sowie **Kostenabschätzungen** pro Teil (Aufnahme VWT-Tarife) **[35]**

3) Lieferantenfestlegung/Lieferantenauswahl (Daten zur Frachtkostenberechnung) **[16]**

4) Serienplanung (nach SOP) [Punkte maximal: 45]

1) Dokumentation, Archivierung und **Verfolgung** der **Veränderungen** (**Planungsgrundlage** für weitere Fahrzeugprojekte) **[37]**

2) Kosten- und **Änderungsverfolgung** sowie **Controlling [29]**

3) Anzeige beim **Standortwechsel** eines Lieferanten **[18]**

Grundsätzlich:

1) Durchgängige Dokumentation (wegen *hoher Flukuation* und als *Planungsgrundlage* für neue Fahrzeugprojekte), **Archivierung** und **Verfolgung der Veränderungen [sehr hoch: 53,33%]**
2) Keine Integration in den eM-Planner (da GAS TI ausreichend!) **[sehr gering: 38,46%]**

Abbildung C.6: Anforderungen Unterstützung Vergabeprozess

Anhang D: Erstellung von Anwendungsfällen

Prozesse	Anwendungsfälle	Erläuterung
Aktivität	Anwendungsfall	Einzelne Aktivitäten in Geschäfts- bzw. Anwendungsprozessen sind gute Kandidaten für Anwendungsfälle. Anhängig von der Verfeinerung der beschriebenen Aktivitäten und vorkommenden Rollenwechseln können auch mehrere in einer Sequenz stehende Aktivitäten zu einem Anwendungsfall zusammengefasst werden.
Prozessschnittstelle	Anwendungsfall	Prozessschnittstellen werden als ganzer (abstrakter) Anwendungsfall abgeleitet, falls die enthaltenen Aktivitäten detailliert sind. Ansonsten werden die einzelnen Aktivitäten einer Prozessschnittstelle in Anwendungsfälle überführt.
Rolle	Anwendungsfall	Rollen lassen sich direkt in Akteure überführen.
Prozessmuster	Essenzieller Anwendungsfall	Prozessmuster basieren auf der gleichen Idee wie essenzielle Anwendungsfälle. Aus Prozessmustern können diese also bestimmt werden.
Anwendungs-systemtyp	Akteur	Anwendungssysteme sind externe Elemente in Geschäftsprozessen und lassen sich damit auf Akteure abbilden.
Ereignis	Startereignis und Endereignis	Ereignisse gehen in die Feinabstimmung des Ablaufs von Anwendungsfällen als Start- bzw. Endereignis oder als Vor- und Nachbedingung ein.
XOR	Variante Ausnahme Anwendungsfall	Eine XOR- Verknüpfung im Prozessablauf kann eine Variante des Anwendungsfalls sein, falls der Ablauf wieder zusammengeführt wird. Ohne Zusammenführung liegt entweder eine Ausnahme vor oder ein eigener Anwendungsfall wird abgeleitet, falls die Aktivitäten für den Benutzer einen messbaren Nutzen erzeugen.
UND/ODER	Variante Ausnahme Anwendungsfall	Eine UND/ODER- Verknüpfung im Prozessablauf kann eine Variante des Anwendungsfalls sein, falls der Ablauf wieder zusammengeführt wird. Ohne Zusammenführung liegt entweder eine Ausnahme vor oder ein eigener Anwendungsfall wird abgeleitet. Die UND/ODER- Verknüpfung deutet auf eine "include" oder "extend"- Beziehung zwischen Anwendungsfällen hin.
Fachbegriff	Glossar	Alle in den Prozessen enthaltenen Fachbegriffe sollten in das Glossar, welches im Rahmen der Anforderungsdefinition erstellt wird, aufgenommen werden.

Tabelle D.1: Regeln zur Ableitung von Anwendungsfällen aus Geschäftsprozessmodellen (Schienmann (2002), S. 340)

Über den Autor

Markus Schneider, geb. 1974, hat von 1995 bis 1997 eine Ausbildung als Speditionskaufmann bei der GAT Spedition GmbH Kempten absolviert.

Anschließend studierte er Betriebswirtschaft mit Schwerpunkt Wirtschaftsinformatik an der Otto-Friedrich-Universität Bamberg und an der Rijksuniversiteit Limburg Maastricht (Niederlande).

2002 hat er eine Diplomarbeit bei der AUDI AG Ingolstadt in der Systemplanungsabteilung „Business Intelligence Systeme“ zum Thema „Bewertung der Nutzenpotenziale analytischer Informationssysteme in einem Unternehmen der Automobilbranche“ erstellt.

Seit 2003 ist Herr Schneider als Logistikplaner für die Fahrzeugmodellreihe A3 bei der AUDI AG Ingolstadt tätig und hat in dieser Zeit mehrere Produktionsanläufe begleitet. Des Weiteren leitet er dort das Projekt „Virtuelle Logistik“ und hat zu diesem Thema berufsbegleitend am Lehrstuhl für „Betriebswirtschaft insbesondere Logistik und Controlling“ an der Universität Regensburg die vorliegende Promotion erstellt.

Seit 2006 ist Herr Schneider Leiter des „Teams Logistik“ zum Aufbau und weltweiten Rollout der Digitalen Fabrik in der Logistik bei allen Marken des Volkswagen Konzerns.